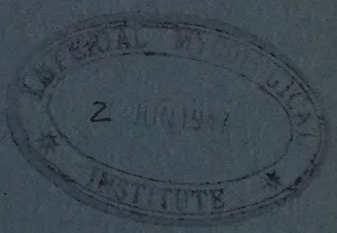
COMPTES RENDUS

(DOKLADY)

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

NOUVELLE SÉRIE

1941



VOLUME XXXI

№ 6

ÉDITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
MOSCOU

AVIS AUX AUTEURS

Les «Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS» paraissent tous les dix jours. Chaque numéro a 96 pages en moyenne. Neuf numéros composent un volume pourvu d'une table des matières. Il y a quatre volumes par année.

Les «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS» en de courtes communications précisent l'essentiel des travaux en préparation. Ces articles, ne dépassant pas en règle générale quatre pages, sont donnés en l'une des trois langues: française, anglaise ou allemande. Ils embrassent les sciences mathématiques, physiques, naturelles et appliquées, mettant au jour les résultats de recherches scientifiques en cours ou qui viennent d'être achevées, et représentant ainsi les plus récentes données de l'investigation scientifique.

L'auteur a droit à 50 exemplaires de son article.

Adressez les manuscrits à la Rédaction des «Comptes Rendus», Moscou 19, Volkhonka 18, chambre 15.

30 Mai

COMPTES RENDUS

(DOKLADY)

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

COMITÉ DE RÉDACTION

A. Borissiak, de l'Académie, **A. Deborin,** de l'Académie, **A. Fersman,** de l'Académie
A. Frumkin, de l'Académie, **A. Kolmogoroff,** de l'Académie, **A. Richter,** de l'Académie
S. Wawilow, de l'Académie

NOUVELLE SÉRIE

9-me année

Paraissant tous les dix jours

1941

VOLUME XXXI, № 6

TABLE DES MATIÈRES

Pages

MATHÉMATIQUES

N. Weinberg (Н. Вайнберг). Sur les espaces topologiques régulièrement fermés 523
Edward Szpilrajn (Эдвард Шпильрейн). Remarque sur les produits cartésiens d'espaces topologiques 525
Ervin Feldheim (Эрвин Фельдгейм). On a System of Orthogonal Polynomials Associated with a Distribution of Stieltjes Type 528
Ervin Feldheim (Эрвин Фельдгейм). Quelques résultats sur les polynômes d'Hermite et de Laguerre. Relations avec les fonctions hypergéométriques les plus générales 534

MÉCANIQUE

A. N. Kolmogoroff, Member of the Academy **(А. Н. Колмогоров).** On Degeneration of Isotropic Turbulence in an Incompressible Viscous Liquid 538

PHYSIQUE

E. L. Andronikashvili (Э. Л. Андроникашвили). Superconductivity of the Tin-Zinc Eutectics 541
A. M. Polonsky (А. М. Полонский). Ultravioletie Lumineszenz von durch Schwermetalle aktivierten Alkalihalogenidkristallen 543
P. G. Borsiak (П. Г. Борзяк). Experimental Investigation of Antimony-Caesium Films 546
I. G. Mikhailov (И. Г. Михайлов). Ultrasonic Wave Velocity in Formic Acid—Water Mixtures 550

PHYSIQUE TECHNIQUE

J. B. Friedmann (Я. Б. Фридман). A Diagram of Mechanical State 553
R. W. Telesnin (Р. В. Телеснин). Die Foucaultschen Wirbelströme in unmagnetischen Metallzylindern 557

PHYSIQUE DU GLOBE

P. V. Storozhenko (П. В. Стороженко). L'étude de l'absorption sélective de la lumière dans l'atmosphère 561
N. N. Kalitin (Н. Н. Калитин). Zusammenhang zwischen der beobachteten Intensität der Sonnenstrahlung und der geographischen Breite 564
O. N. Althausen (О. Н. Альттаузен). Der Einfluss der Oxydation auf die magnetischen Eigenschaften der Magnetite 566

BIOPHYSIQUE

G. G. Jaure (Г. Г. Яуре). Über die Methodik zur Bestimmung des Abklingens der Nachbilder 569

CHIMIE

V. I. Nikolaev and A. I. Kachalov (В. И. Николаев и А. И. Качалов). Separate Production of Glauber's Salts and Epsomite from Natural Astrakhanite 572

CHIMIE PHYSIQUE

W. I. Vernadsky, Member of the Academy, **A. P. Vinogradov** and **R. V. Teis (В. И. Вернадский, А. П. Виноградов и Р. В. Тейс).** Determination of the Isotopic Composition of Waters in Metamorphic Rocks and Minerals 573
L. G. Berg, I. N. Lepeshkov and **N. V. Bodaleva (Л. Г. Берг, И. Н. Лепешков и Н. В. Бодалева).** Quantitative Analysis of Natural Salts by the Thermographic Method 577
B. N. Kabanov (Б. Н. Кабанов). Die Kristallisation des Bleisulfats und die Dicke der passivierenden Schicht auf Blei 581
K. S. Ljalikov (К. С. Ляликов). On Kinetics of the Recrystallization Process 585
M. V. Tschapek (М. В. Чапек). Study of the «Disjoining Action» under Conditions of the Sorption of Water Vapours 588

GÉOCHIMIE

I. P. Novokhatsky and **S. K. Kalinin (И. П. Новохатский и С. К. Калинин).** Cobalt in Mine Waters 591
G. P. Barsanov (Г. П. Барсанов). On a Finding of Tin in Lievrite . . 594

PÉTROGRAPHIE

A. B. Vistelius (А. Б. Вистелиус). A Composite Dike of the Region of the Gulshad Deposit (S.-W. Near-Balkhash) 598

BIOCHIMIE

A. R. Kiesel (А. Р. Кизель). Asymmetry of the Organism as Linked up with the Optical Activity of its Constituent Substances. Aminoacids from the Proteins of a Leg of Dextro-Voluted and Laevo-Voluted Forms of *Fruticicola lantzi* Landh. 601
I. A. Smorodinzev und **W. P. Zhigalov (И. А. Смородинцев и В. П. Жигалов).** Über den Einfluss der Proteasen-Konzentration auf die Hydrolysen-Geschwindigkeit des Muskeleiweisses 604
B. A. Rubin and **N. S. Spiridonova (Б. А. Рубин и Н. С. Спиридонова).** Rôle of Oxidizing Activity of Vegetable Tissue in the Synthesis of Ascorbic Acid 607
N. N. Melnikov, N. D. Sukhareva and **M. L. Fedder (Н. Н. Мельников, Н. Д. Сухарева и М. Л. Феддер).** Structure and Insecticidal Properties of Organic Compounds 610
E. A. Makarevskaja and **K. M. Iluridze-Molchan (Е. А. Макаревская и К. М. Илуридзе-Молчан).** Catalase in Vine Shoots 614

(Continuation voir p. 648)

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

MATHÉMATIQUES

SUR LES ESPACES TOPOLOGIQUES RÉGULIÈREMENT FERMÉS

Par N. WEINBERG

(Présenté par A. N. Kolmogoroff, de l'Académie, le 3.III.1941)

Un espace régulier est nommé fermé r, s'il est fermé dans chaque espace régulier qui le contient.

Définition 1. Nous dirons qu'un système d'ensembles ouverts $\mathfrak{V}=\{V\}$ *enferme* r* un espace R, si $\sum_{V\in\mathfrak{V}} V=R$ et si pour chaque $V\in\mathfrak{V}$ il existe un $V'\in\mathfrak{V}$ tel que $V\subset V'$.

Définition 2. Un espace sera nommé *compact* r*, si chaque fois qu'on peut enfermer r en un système d'ensembles ouverts, on peut extraire de ce système un système fini qui enferme l'espace.

Un lien entre la propriété «extérieure» — d'être fermé r et la propriété «intérieure» — d'être compact r est donné par le

Théorème 1. *Un espace régulier est fermé r dans le cas et dans ce cas seulement, où il est compact r.*

Démonstration. Supposons qu'un espace régulier peut être enfermé r en un système $\mathfrak{V}=\{V\}$ dont on ne peut extraire aucun système fini qui enferme l'espace. Considérons l'ensemble $R+\{\xi\}$, où $\xi\overline{\in}R$, et transformons-le en un espace qui contient topologiquement l'espace initial: nous considérerons comme voisinage d'un point ξ les ensembles $U(\xi)=\{\xi\}+R-\sum_{i=1}^{s}\overline{V}_i\,(V_1, V_2, \ldots, V_s\in\mathfrak{V})$, et comme voisinages d'un point $x\in R$ tous les ensembles ouverts possibles $U(x)\subset R$ qui contiennent x. Il est facile à voir que l'espace obtenu $R+\{\xi\}=R^*$ vérifie les axiomes de l'espace de Hausdorff (1); il est aussi facile de vérifier qu'il est régulier. En effet, pour chaque voisinage $U(x)$, en vertu de la régularité de R, il existe un voisinage $U_1(x)$ tel que $\overline{U_1(x)}^R\subset U(x)$; prenons un $V\in\mathfrak{V}$ contenant x; alors $U'=VU_1(x)$ sera un voisinage de x et $\overline{U'}^{R^*}=\overline{U'}^R\subset\overline{U_1(x)}^R\subset U(x)$. Pour chaque voisinage $U(\xi)=\{\xi\}+R-\sum_{i=1}^{s}\overline{V}_i\,(V_i\in\mathfrak{V})$ on peut choisir un voisinage $U'(\xi)=\{\xi\}+R-\sum_{i=1}^{s}\overline{V}_i'\,(\overline{V}_i\subset V_i'\in\mathfrak{V})$; alors $\overline{U'(\xi)}^{R^*}\subset U(\xi)$, parce que

$$\overline{U'(\xi)}^{R^*}=\{\xi\}+\Big(R-\sum_{i=1}^{s}\overline{V}_i'\Big)^R\subset\{\xi\}+\Big(R-\sum_{i=1}^{s}V_i'\Big)\subset\{\xi\}+\Big(R-\sum_{i=1}^{s}\overline{V}_i\Big)=$$

* Cette notion devient plus intéressante quand il s'agit d'espaces réguliers.

$= U(\xi)$. Enfin le point ξ est un point limite pour R, donc R n'est pas fermé r.

Réciproquement, supposons que R n'est pas fermé dans l'espace régulier $R^* = R + \{\xi\}$ qui le contient. Alors chaque ensemble ouvert U contenant ξ possède une intersection avec R qui n'est pas vide et $\prod_{\xi \in U} \overline{U}^{R^*} = \{\xi\}$, mais alors le système d'ensembles ouverts $\mathfrak{V} = \{V = R - \overline{U}\}$ forme un système qui enferme r l'espace R, et dont on ne peut pas extraire un système fini qui enferme R.

Définition 3. Un point x de l'espace R sera nommé *fortement régulier*, si pour chacun de ses voisinages $U(x)$ il existe des voisinages $U_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots)$ tels que $\overline{U_i(x)} \subset U_{i+1} \subset U(x)$ $(i = 1, 2, \ldots)$. Un espace de Hausdorff est nommé fortement régulier, si chacun de ses points est fortement régulier.

Théorème 2. *Un espace R qui est fermé r et fortement régulier est bicompact.*

Démonstration. Soit $\mathfrak{W} = \{W\}$ un système qui enferme R. Faisons correspondre à chaque point $x \in R$ un voisinage absolu $V(x) = W \in \mathfrak{W}$. Comme R est fortement régulier, il existe des voisinages $V_i(x)$ tels que $\overline{V_i(x)} \subset V_{i+1}(x) \subset V(x)$ $(i = 1, 2, \ldots)$. L'ensemble de tous les $V_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots;\ x \in R)$, $\{V_i(x)\}$, forme un système qui enferme r l'espace R; donc, en vertu de la compacité r on peut en choisir un système fini tel que $V_{i_1}(x_1) + V_{i_2}(x_2) + \ldots + V_{i_n}(x_n) = R$, mais alors $V(x_1) + V(x_2) + \ldots + V(x_n) = R$, c. q. f. d. En particulier, on obtient une nouvelle démonstration du théorème: un espace complètement régulier qui est fermé r est un espace bicompact.

Les espaces qui sont fermés r peuvent être caractérisés au moyen de ce que nous appellerons ouvertures régulières [2]; un système d'ensembles non vides $\Gamma = \{\mathfrak{G}\}$ sera nommé *ouverture régulière*, si 1° pour chaque couple $\mathfrak{G}_1 \in \Gamma$ et $\mathfrak{G}_2 \in \Gamma$ il existe un $\mathfrak{G}_3 \in \Gamma$ tel que $\overline{\mathfrak{G}_3} \subset \mathfrak{G}_1 \mathfrak{G}_2$, et 2° $\prod_{\mathfrak{G} \in \Gamma} \mathfrak{G} = 0$.

Théorème 3. *Pour qu'un espace régulier R soit fermé r, il faut et il suffit qu'il ne possède pas d'ouvertures régulières.*

Démonstration. S'il existe en R une ouverture régulière $\Gamma = \{\mathfrak{G}\}$, il existe un système $\mathfrak{V} = \{V = R - \overline{\mathfrak{G}}\}$ qui enferme r l'espace R et dont on ne peut extraire aucun système fini jouissant de la même propriété, car si l'on avait $V_1 + V_2 + \ldots + V_n = R$, on aurait $\mathfrak{G}_1 \mathfrak{G}_2 \ldots \mathfrak{G}_n = 0$, ce qui est impossible en vertu de 1°; donc, R n'est pas fermé r (théorème 1). Réciproquement, si R n'est pas fermé r et si $\xi \in \overline{R}$ est un point limite pour R dans l'espace R^* qui le contient, alors le système complet de tous les voisinages absolus $\{U^*(\xi)\}$ du point ξ est tel que son intersection avec R forme, comme il est facile à voir, une ouverture régulière $\Gamma = \{RU^*(\xi)\}$ dans R.

Manuscrit reçu
le 4. III. 1941.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] Хаусдорф, Теория множеств, 146 (1937). [2] P. Alexandroff, Rec. Math., 5 (47), 403 (1939).

Traduit par N. Bary.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

MATHÉMATIQUES

REMARQUE SUR LES PRODUITS CARTÉSIENS D'ESPACES TOPOLOGIQUES

Par EDWARD SZPILRAJN

(Présenté par A. N. Kolmogoroff, de l'Académie, le 28.II.1941)

1. Produit cartésien et ensembles cylindriques. Soient: T un ensemble fixé arbitraire et X une fonction qui fait correspondre à chaque $t \in T$ un ensemble $X(t)$. L'ensemble des fonctions x, définies sur T et telles qu'on a $x(t) \in X(t)$ pour chaque $t \in T$, sera nommé *produit cartésien* des ensembles $X(t)$ et désigné par X^T (les ensembles $X(t)$ s'appellent *axes des coordonnées* et la valeur $x(t)$ de la fonction x s'appelle *la t-ième coordonnée* de x).

Pour chaque $t \in T$ et $E \in X(t)$ nous désignons par $C_t(E)$ l'ensemble des éléments $x \in X^T$ tels que $x(t) \in E$, et nous l'appelons *ensemble cylindrique* (1). Evidemment, on a toujours:

$$C_t(A) \cdot C_t(B) = C_t(AB) \quad \text{pour} \quad A + B \subset X(t) \tag{1}$$

et

$$C_{t_1}(E_1) \cdot C_{t_2}(E_2) \cdot \ldots \neq 0 \tag{2}$$

pour chaque suite d'éléments distincts $t_k \in T$ et chaque suite d'ensembles non vides $E_k \subset X(t_k)$.

Lorsque les ensembles $X(t)$ sont des espaces topologiques *, on peut traiter leur produit cartésien également comme un espace topologique: on considère notamment chaque produit fini $V = C_{t_1}(G_1) \cdot C_{t_2}(G_2) \cdot \ldots \cdot C_{t_n}(G_n)$, où G_k est ouvert dans $X(t_k)$, comme voisinage de chaque point contenu dans V (4).

Il résulte directement de (1) et (2) que

(*i*) *Pour que deux voisinages* $C_{t_1}(G_1) \cdot \ldots \cdot C_{t_m}(G_m)$ *et* $C_{u_1}(H_1) \cdot \ldots \cdot C_{u_n}(H_n)$ (*où* $t_j \neq t_k$ *et* $u_j \neq u_k$ *pour* $j \neq k$) *soient disjoints, il faut et il suffit qu'il existe deux entiers positifs* $j \leqslant m$ *et* $k \leqslant n$ *tels que* $t_j = u_k$ *et* $G_j H_k = 0$.

2. Espaces faiblement séparables. Chaque classe B d'ensembles non vides ouverts dans un espace topologique Z et telle que chaque ensemble ouvert dans Z est la somme d'ensembles appartenant à B, s'appelle *une base* de Z. Un espace topologique s'appelle *séparable* lorsqu'il possède une base dénombrable. Appelons *faiblement séparable* chaque espace topologique tel que chaque classe d'ensembles ouverts et disjoints, contenus dans cet espace, est au plus dénombrable. Il résulte directement de cette définition que:

* Le terme «espace topologique» est employé ici au sens de M. Hausdorff (2). Cependant, il est à remarquer que nos considérations restent valables pour tous les espaces (T_0), c'est-à-dire pour les espaces assujettis aux trois axiomes de M. Hausdorff et au «Trennungsaxiom» de M. Kolmogoroff: Dans chaque couple de points différents, il existe un point, dont un voisinage ne contient pas le second point de ce couple (3).

(*i*) *Chaque espace séparable est faiblement séparable.*

(*ii*) *L'ensemble de tous les points isolés d'un espace faiblement séparable est au plus dénombrable.*

Il est aisé de voir que

(*iii*) *Chaque image continue d'un espace faiblement séparable est également un espace faiblement séparable.*

Soient, en effet, Z un espace faiblement séparable, f — une transformation continue de Z, K — une classe arbitraire d'ensembles non vides, disjoints et ouverts dans $f(Z)$, et H — la classe des ensembles $f^{-1}(G)$, où $G \in K$. Les ensembles appartenant à la classe H sont donc également non vides, disjoints et ouverts (dans Z). L'espace Z étant faiblement séparable, la classe H est au plus dénombrable et, par conséquent, la classe K l'est aussi, c. q. f. d.

Nous allons démontrer encore que

(*iv*) *Pour qu'un ensemble E, contenu dans un espace topologique A, soit un espace faiblement séparable, il faut et il suffit que sa fermeture $\overline{E}$ dans A soit un espace faiblement séparable.*

Evidemment, pour qu'un ensemble $Z \subset A$ ne soit pas un espace faiblement séparable, il faut et il suffit qu'il existe une classe non dénombrable H d'ensembles ouverts dans A, tels que pour chaque couple $G_1 \neq G_2$ d'ensembles appartenant à H on ait $G_1 \cdot G_2 \cdot Z = 0$. Par conséquent, la proposition (*iv*) résulte immédiatement du fait que pour chaque ensemble G ouvert dans A les conditions: $GE = 0$ et $G\overline{E} = 0$ sont équivalentes.

Nous verrons dans la suite que la séparabilité faible n'est pas héréditaire et qu'elle est en effet plus faible que la séparabilité ordinaire [4(*i*), 3(*i*) et 3(*ii*)].

3. La non-séparabilité du produit cartésien non dénombrable.

(*i*) *Soient: T un ensemble non dénombrable et $X(t)$ pour chaque $t \in T$ un espace topologique contenant au moins deux éléments. L'espace X^T contient alors un ensemble isolé non dénombrable (X^T est donc non séparable).*

Il résulte directement de l'hypothèse qu'il existe pour chaque $t \in T$ deux points $x_0(t) \neq x_1(t)$ appartenant à $X(t)$ et un voisinage $G(t) \subset \subset X(t)$ contenant $x_1(t)$ et ne contenant pas $x_0(t)$. Posons maintenant pour chaque $u \in T$:

$$x^{(u)}(t) = \begin{cases} x_0(t) & \text{pour } t \neq u \\ x_1(t) & \text{pour } t = u. \end{cases}$$

Pour chaque $u \in T$ on a donc $x^{(u)} \in X^T$. L'ensemble de toutes les fonctions $x^{(u)}$ est non dénombrable. D'autre part, c'est un ensemble isolé: en effet, pour chaque $v \in T$ l'ensemble $C_v[G(v)]$ est un voisinage du point $x^{(v)}$ qui ne contient aucun point $x^{(u)}$, où $u \neq v$.

En vertu de 2(*ii*) et 2(*iv*), il résulte de (*i*) que:

(*ii*) *Dans l'hypothèse du théorème précédent, l'espace X^T contient un sous-ensemble fermé qui n'est pas un espace faiblement séparable.*

Remarquons enfin qu'on peut démontrer que pour qu'un produit X^T soit séparable, il faut et il suffit que 1° chaque espace $X(t)$ soit séparable et 2° l'ensemble des $t \in T$, pour lesquels l'espace $X(t)$ contient plus d'un point, soit au plus dénombrable.

4. La séparabilité faible du produit cartésien. Nous allons démontrer maintenant que

(*i*) *Chaque produit cartésien d'espaces topologiques séparables est un espace faiblement séparable.*

Désignons donc pour chaque $t \in T$ par $X(t)$ un espace topologique

séparable et par $B(t)$ une base dénombrable de $X(t)$. Il suffit de démontrer que chaque classe d'ensembles disjoints de la forme

$$C_{t_1}(V_1) \cdot C_{t_2}(V_2) \cdot \ldots \cdot C_{t_n}(V_n) \tag{1}$$

où $V_k \in B(t_k)$ et $t_k \neq t_{k'}$ pour $1 \leqslant k < k' \leqslant n$, est au plus dénombrable.

Supposons qu'il n'en est pas ainsi. Il existe donc un entier positif m et une classe non dénombrable M d'ensembles disjoints de la forme (1), où $n = m$.

Choisissons un ensemble $C_{t_1}(H_1) \cdot C_{t_2}(H_2) \cdot \ldots \cdot C_{t_m}(H_m) \in M$. Il résulte de $1(i)$ qu'il existe un entier positif $k \leqslant m$ et une classe non dénombrable $M_1 \subset M$ telle que chaque ensemble appartenant à M_1 est de la forme: $C_{t_k}(V_1) \cdot C_{t_2}(V_2) \cdot C_{t_3}(V_3) \cdot \ldots \cdot C_{t_m}(V_m)$. Posons $a_1 = t_k$. La classe $B(a_1)$ étant dénombrable, il existe un ensemble $A_1 \in B(a_1)$ et une classe $M_1' \subset M_1$ telle que chaque ensemble appartenant à M_1' peut être représenté sous la forme: $C_{a_1}(A_1) \cdot C_{t_2}(V_2) \cdot \ldots \cdot C_{t_m}(V_m)$.

En procédant d'une manière analogue, nous montrons qu'il existe des éléments $a_2, a_3, \ldots, a_m \in T$, des ensembles $A_2, A_3, \ldots, A_{m-1}$ appartenant respectivement à $B(a_2), B(a_3), \ldots, B(a_{m-1})$, et, enfin, une classe non dénombrable M_n d'ensembles dont chacun est de la forme:

$$C_{a_1}(A_1) \cdot C_{a_2}(A_2) \cdot \ldots \cdot C_{a_{m-1}}(A_{m-1}) \cdot C_{a_m}(W)$$

où $W \in B(a_m)$. La classe $B(a_m)$ étant dénombrable, nous aboutissons ainsi à une contradiction.

Il résulte directement de $4(i)$, $2(iii)$ et $3(ii)$ que

(ii) X^T étant le produit cartésien d'une infinité non dénombrable d'espaces topologiques séparables, dont chacun contient au moins deux points, il existe un sous-ensemble fermé dans X^T qui n'est pas une image continue de X^T.

5. Le discontinu généralisé de Cantor. Dans le cas, où chaque espace $X(t)$ pour $t \in T$ est un ensemble D composé de deux points (par exemple 0 et 1), l'espace D^T s'appelle *discontinu généralisé de Cantor*. Lorsque l'ensemble T est dénombrable, l'espace D^T est homéomorphe au discontinu de Cantor au sens ordinaire.

D'après un théorème bien connu, chaque sous-ensemble fermé du discontinu cantorien ordinaire (et, plus généralement, chaque espace métrique compact) est une image continue de ce discontinu. Or, il résulte directement de $4(ii)$ que ce théorème tombe en défaut dans le cas non dénombrable:

(i) Pour chaque ensemble T non dénombrable, le discontinu généralisé D^T contient un ensemble fermé F qui n'est pas une image continue de D^T.

Remarquons encore que l'ensemble F peut être défini, par exemple, comme l'ensemble des $x \in D^T$ tels que $x(t) = 1$ pour *un* élément $t \in T$ au plus.

Remarque. La démonstration de M. Šura-Bura [5] d'un théorème contradictoire avec la proposition 5 (i) contient une inexactitude. Conservons ses notations. Il est vrai que la transformation $S_\alpha^{\alpha+1}$ est «ouverte» lorsqu'on la considère sur l'espace $D_{\alpha+1}$ entier, mais elle peut ne pas être «ouverte» lorsqu'on la considère sur un vrai sous-ensemble de cet espace. En particulier, les ensembles $S_\alpha^{\alpha+1}(F_{\alpha+1,1})$ et P_α (l. c., p. 435, ligne 25) ne sont pas ouverts dans F_α pour l'ensemble F que je viens de définir, avec $\alpha = \omega$.

Manuscrit reçu
le 4. III. 1941.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] E. Szpilrajn, Rec. des Trav. Inst. Math. Kiev (1941). [2] F. Hausdorff, Grundzüge der Mengenlehre, 213 (1914). [3] P. Alexandroff und H. Hopf, Topologie, I, 58 (1935). [4] E. Čech, Ann. of Math., 38, 830 (1937). [5] M. R. Šura-Bura, C. R. Acad. Sci. URSS, XXVII, 431 (1940).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

MATHEMATICS

ON A SYSTEM OF ORTHOGONAL POLYNOMIALS ASSOCIATED WITH A DISTRIBUTION OF STIELTJES TYPE

By ERVIN FELDHEIM

(Communicated by S. N. Bernstein, Member of the Academy, 6.II.1941)

In the present note we shall deal with the system of orthogonal polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$, associated with a distribution $d\psi(x)$ of Stieltjes type; here $\psi(x)$ is a step function containing two parameters α and λ ($R\alpha > -1$, $\lambda > 0$) with the jump, at the point x ($x = 0, 1, 2, \ldots$).

$$j(x) = \frac{\Gamma(x+\alpha+1)}{\Gamma(x+1)} e^{-\lambda x} \qquad (x = 0, 1, 2, \ldots;\ R\alpha > -1,\ \lambda > 0). \tag{1}$$

The total variation of $\psi(x)$ is

$$\sum_{x=0}^{\infty} j(x) = \Gamma(\alpha+1)\,(1-e^{-\lambda})^{-(\alpha+1)}.$$

The case $\alpha = 0$ has been investigated by M. J. Gottlieb (1); concerning other distributions of similar nature, we refer to the recent book of G. Szegö (2).

1. Definition and Elementary Properties of $l_n^{(\alpha)}(x)$. These polynomials are given by the formula

$$j(x)\, l_n^{(\alpha)}(x) = \Delta^n \left\{ j(x) \binom{x}{n} \right\} \qquad (x = 0, 1, 2 \ldots;\ n = 0, 1, 2, \ldots) \tag{}$$

which can be written also in the form

$$l_n^{(\alpha)}(x) = \frac{\Gamma(n+\alpha+1)}{\Gamma(x+\alpha+1)} \frac{x!}{n!} e^{\lambda x} \Delta^n \left\{ e^{-\lambda x} \binom{x+\alpha}{x-n} \right\}. \tag{2'}$$

Here, the symbol Δ^n denotes the *n-th* finite difference with regard to x of the expression in the braces; $\binom{x}{n}$ is the coefficient of t^n in the expansion of $(1+t)^x$.

It is easy to derive from (2') the following direct expansion of $l_n^{(\alpha)}(x)$:

$$l_n^{(\alpha)}(x) = e^{-n\lambda} \sum_{\nu=0}^{n} (1-e^{\lambda})^{\nu} \binom{n+\alpha}{n-\nu} \binom{x}{\nu} \qquad (R\alpha > -1;\ \lambda > 0,\ x = 0, 1, 2, \ldots) \tag{3}$$

The comparison of the right-hand member with the well known expression of Jacobi polynomials (3) yields the relation

$$l_n^{(\alpha)}(x) = P_n^{(\alpha, x-n)}(2e^{-\lambda} - 1) = \binom{n+\alpha}{n} F(-n, -x,\ \alpha+1,\ 1-e^{\lambda}),$$

where $F(\alpha, \beta, \gamma, x)$ is the usual hypergeometric function of Gauss. For the expansion of $l_n^{(\alpha)}(x)$ in a power series we have

$$l_n^{(\alpha)}(x) = e^{-n\lambda}\binom{n+\alpha}{n} + e^{-n\lambda}\sum_{k=1}^{n}\left\{\sum_{\nu=k}^{n}(1-e^{\lambda})^{\nu}\binom{n+\alpha}{n-\nu}\frac{S_\nu^k}{\nu!}\right\}x^k,$$

where S_ν^k are Stirling numbers of the first kind $\left(S_{\nu+1}^k = S_\nu^{k-1} - \nu S_\nu^k,\right.$ $\left.\operatorname{sign} S_\nu^k = (-1)^k, \binom{r}{\nu} = \frac{1}{\nu!}\sum_{k=1}^{\nu} S_r^k x^k\right)$. The generating function of these polynomials is

$$G(x, w) = \sum_{n=0}^{\infty} l_n^{(\alpha)}(x)\, w^n = (1-w)^x (1 - we^{-\lambda})^{-x-\alpha-1}$$
$$(R\alpha > -1,\ \lambda > 0,\ |w| < 1), \qquad (4)$$

and the so-called «method of generating functions» yields the orthogonality relation of the polynomials $I_n^{(\alpha)}(x)$:

$$\sum_{x=0,1,2,\ldots} j(x)\, l_m^{(\alpha)}(x)\, l_n^{(\alpha)}(x) =$$
$$= \frac{\Gamma(n+\alpha+1)}{n!} e^{-n\lambda}(1-e^{-\lambda})^{-(\alpha+1)}\,\delta_{mn}\quad (m, n = 0, 1, 2, \ldots) \qquad (5)$$

where $j(x)$ is the weight function given by (1). In connexion with the theory of Jacobi polynomials, we have

$$l_n^{(\alpha)}(x) = \rho^{n-x}(1-\rho)^{-\alpha}\frac{(-1)^n}{n!}\left(\frac{d}{d\rho}\right)^n\{\rho^x(1-\rho)^{n+\alpha}\},$$

$$j(x) = \frac{\Gamma(\alpha+1)}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} e^{-ix\theta}(1-\rho e^{i\theta})^{-\alpha-1}\,d\theta,$$

and

$$\int_0^1 \rho^{x-n}(1-\rho)^{\alpha}[l_n^{(\alpha)}(x,\rho)]^2\,d\rho = \frac{1}{n+x+\alpha+1}\,\frac{\Gamma(n+\alpha+1)\,x!}{\Gamma(x+\alpha+1)\,n!},$$

if we put $e^{-\lambda} = \rho$.

The relation of symmetry can also be mentioned:

$$j(x)\, l_n^{(\alpha)}(x) = j(n)\, l_x^{(\alpha)}(n) \quad (n = 0, 1, 2, \ldots;\ x = 0, 1, 2, \ldots).$$

By a limiting process, our polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$ are reduced to the well known Laguerre polynomials

$$\lim_{\lambda\to 0} l_n^{(\alpha)}\left(\frac{x}{\lambda}\right) = L_n^{(\alpha)}(x), \qquad (6)$$

where

$$L_n^{(\alpha)}(x) = \sum_{\nu=0}^{n}(-1)^{\nu}\binom{n+\alpha}{n-\nu}\frac{x^\nu}{\nu!} \qquad (6')$$

If we apply the limiting relation (6) to the preceding formulas, we recover those established for the Laguerre polynomials. For instance, the relations

$$l_n^{(\alpha)}(x) = \sum_{r=0}^{n}(-1)^r e^{-\lambda r}\binom{\beta-\alpha}{r} l_{n-r}^{(\beta)}(r),$$

$$\lim_{\rho\to 0}\rho^n l_n^{(\alpha)}\left(\frac{r}{\nu}\right) = (1-e^{-\lambda})^n(-1)^n\frac{x^n}{n!}, \quad \text{and} \quad \lim_{\lambda\to\infty} l_n^{(\alpha)}(x,\lambda) = (-1)^n\binom{x}{n}.$$

2. Recurrence Formulas and Equations with Finite Differences. In a similar manner as for Laguerre polynomials, between three consecutive polynomials the following recurrence formula can be established:

$$(n+1)\,l_{n+1}^{(\alpha)}(x)-\{(e^{-\lambda}-1)\,x+(n+\alpha+1)\,e^{-\lambda}+n\}\,l_n^{(\alpha)}(x)+$$
$$+e^{-\lambda}(n+\alpha)\,l_{n-1}^{(\alpha)}(x)=0,\quad n=0,1,2,\ldots \tag{7}$$

The relations corresponding to those expressing the derivatives of Laguerre polynomials are here

$$(n+1)\,l_{n+1}^{(\alpha)}(x)+xl^{(\alpha+1)}(x-1)-e^{-\lambda}(x+\alpha+1)\,l^{(\alpha+1)}(x)=0,$$
$$l_n^{(\alpha)}(x)=l^{(\alpha+1)}(x)-e^{-\lambda}l_{n-1}^{(\alpha+1)}(x),$$

so that

$$\Delta l_n^{(\alpha)}(x)=-(1-e^{-\lambda})\,l^{(\alpha+1)}(x),\quad l_n^{(\alpha)}(x)=\frac{1}{1-e^{-\lambda}}\Delta\,[e^{-\lambda}l_n^{(\alpha)}(x)-l_{n+1}^{(\alpha)}(x)], \tag{8}$$

and we deduce the equation with finite differences of the second order

$$e^{-\lambda}(x+\alpha+2)\,\Delta^2 l_n^{(\alpha)}(x)-$$
$$-\{(1-e^{-\lambda})\,x+(n-\alpha-2)\,e^{-\lambda}-(n-1)\}\,\Delta l_n^{(\alpha)}(x)+n\,(1-e^{-\lambda})\,l_n^{(\alpha)}(x)=0. \tag{9}$$

This formula can be transformed as follows:

$$\Delta\left\{(x+1)\binom{x+\alpha+1}{x+1}e^{-\lambda x}\Delta l_n^{(\alpha)}(x)\right\}+$$
$$+n\,(1-e^{-\lambda})\binom{x+\alpha+1}{x+1}e^{-\lambda x}\,[\Delta l_n^{(\alpha)}(x)+l_n^{(\alpha)}(x)]=0. \tag{9'}$$

3. Special Formulas. We now establish some relations on our polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$, which are analogous to certain particular results proved for the classical polynomials of Laguerre ([4]). The first of these results is the second generating function

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{t^n\,l_n^{(\alpha)}(x)}{(1-e^{-\lambda})^n\,\Gamma(n+\alpha+1)}=\frac{x!}{\Gamma(x+\alpha+1)}\,e^{\frac{te^{-\lambda}}{1-e^{-\lambda}}}L_x^{(\alpha)}(t), \tag{10}$$

where $L_x^{(\alpha)}(t)$ is the Laguerre polynomial of degree x, which holds for every t, while for the generating function (4) we must assume $w_1<1$. The limiting process (6) and a result of Humbert:

$$\lim_{n\to\infty}\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+\alpha+1)}\,L_n^{(\alpha)}\left(\frac{x}{n}\right)=x^{-\frac{\alpha}{2}}J_\alpha(2\sqrt{x})\qquad(\alpha>-1,\ x>0)\ ,$$

$\left(\text{where the factor }\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+\alpha+1)}\text{ can be replaced by }n^{-\alpha}\right)$ uniformly, if x is bounded, give

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{t^n L_n^{(\alpha)}(x)}{\Gamma(n+\alpha+1)}=e^t\,(tx)^{-\frac{\alpha}{2}}J_\alpha(2\sqrt{tx}),\quad(\alpha>-1)$$

which is a known formula ([5]).

Applying the orthogonality relation (5), we can deduce from (10) the formula

$$t^n=n!\,e^{n\lambda}(1-e^{-\lambda})^{n+\alpha+1}e^{\frac{te^{-\lambda}}{1-e^{-\lambda}}}\sum_{x=0}^{\infty}e^{-\lambda x}L_x^{(\alpha)}(t)\,l_n^{(\alpha)}(x), \tag{11}$$

while the orthogonality of Laguerre polynomials $L_x^{(\alpha)}(t)$ yields, by means of (11), the inverted relation

$$j(x)\,l_n^{(\alpha)}(x)=\frac{1}{n!}e^{-n\lambda}\int_0^{\infty}e^{-v}\,v^{n+\alpha}L_x^{(\alpha)}[v\,(1-e^{-\lambda})]\,dv\quad\begin{matrix}(R\alpha>-1,\ \lambda>0)\\(x=0,1,2,\ldots)\end{matrix} \tag{12}$$

If $n=0$, (11) leads to the known generating function of Laguerre polynomials. As an immediate application of the relation (12), we point out to the analogous of the Hille-Hardy relation

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{n\lambda} n!}{\Gamma(n+\alpha+1)} l_n^{(\alpha)}(x)\, l_n^{(\alpha)}(y)\, \theta^n =$$

$$= \frac{(1-\theta)^{-(\alpha+1)}}{\Gamma(\alpha+1)} \left(\frac{1-\theta}{1-\theta e^{-\lambda}}\right)^{x+y} F\left(-x, -y, \alpha+1, \frac{\theta(1-e^{-\lambda})^2}{e^{-\lambda}(1-\theta)^2}\right) =$$

$$= \frac{x!}{\Gamma(x+\alpha+1)} (1-\theta)^{y-x-\alpha-1} \frac{(1-\theta e^{\lambda})^x}{(1-\theta e^{-\lambda})^y} P_x^{(\alpha, y-x)} \left[\frac{e^{-\lambda}(1-\theta)^2 + \theta(1-e^{-\lambda})^2}{e^{-\lambda}(1-\theta e^{\lambda})(1-\theta e^{-\lambda})}\right]$$

$$(|\theta| < 1) \tag{13}$$

which can be deduced from (10) by application of a known procedure ([5]). (13) can be written also in the form

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{n\lambda} n!}{\Gamma(n+\alpha+1)} l_n^{(\alpha)}(x)\, l_n^{(\alpha)}(y)\, \theta^n = \frac{(1-\theta)^{-\alpha-1}}{j(x)} \left(\frac{1-\theta}{1-\theta e^{-\lambda}}\right)^{x+y} l_x^{(\alpha)}(y, e^{-\varphi}),$$

$$(|\theta| < 1)$$

with

$$e^{-\varphi} = \frac{(1-\theta)^2}{(1-\theta e^{-\lambda})(1-\theta e^{\lambda})} \qquad (R\alpha > -1,\ \lambda > 0).$$

If we apply (6), the hypergeometric function F is reduced to a Bessel function, and (13) gives, in the limit, the formula of Hille-Hardy.

We conclude the enumeration of these results with the relation

$$p^n l_n^{(\alpha)}\left(x, \frac{p+e^{-\lambda}-1}{p}\right) = \sum_{\nu=0}^{n} (p-1)^{n-\nu} \binom{n+\alpha}{n-\nu} l_\nu^{(\alpha)}(x, e^{-\lambda}), \tag{14}$$

which holds for every integer value of p; if we put $e^{-\mu} = \frac{p+e^{-\lambda}-1}{p}$, the polynomial $l_n^{(\alpha)}(x, e^{-\mu})$ corresponds to the weight function $\frac{\Gamma(x+\alpha+1)}{\Gamma(x+1)} e^{-\mu x}$.

As particular cases of (14), we obtain (3) and its inversion (for $p = 1 - e^{-\lambda}$). These formulas can be written in a more symmetrical form as follows:

$$\left.\begin{aligned} l_n^{(\alpha)}(x) &= \sum_{\nu=0}^{n} (-1)^\nu e^{-(n-\nu)\lambda} \binom{n+\alpha}{n-\nu} (1-e^{-\lambda})^\nu \binom{x}{\nu} \\ (1-e^{-\lambda})^n \binom{x}{n} &= \sum_{\nu=0}^{n} (-1)^\nu e^{-(n-\nu)\lambda} \binom{n+\alpha}{n-\nu} l_\nu^{(\alpha)}(x) \\ (x &= 0, 1, 2, \ldots,\ n = 0, 1, 2, \ldots) \end{aligned}\right\} \tag{14'}$$

By means of (14') we can establish interesting formulas on Laguerre polynomials, which are reduced by (6) to known results. One of these relations is, for instance,

$$\frac{\Gamma(n+\alpha+1)}{n!} (e^{\lambda}-1)^n e^{-\lambda x} \binom{x+\alpha}{x-n} = \int_0^{\infty} e^{-t} t^\alpha L_n^{(\alpha)}(t) L_x^{(\alpha)}[t(1-e^{-\lambda})]\, dt$$

$$(x = 0, 1, 2, \ldots) \tag{15}$$

deduced from (14′) and (12). The formulas (12) and (15) can also be generalized:

$$\int_0^\infty e^{-t} t^\alpha L_x^{(\alpha)}\left[t\left(1-e^{-\lambda}\right)\right] L_m^{(\alpha)}\left(\frac{t}{p}\right) dt =$$

$$= \left(1-\frac{e^\lambda}{p}\right)^m \frac{\Gamma(x+\alpha+1)}{x!}\, e^{-\lambda x} l_m^{(\alpha)}(x, e^{-\rho}), \qquad (16)$$

where $e^{-\rho} = \frac{p-1}{p-e^\lambda}$, $\alpha > -1$, $\lambda > 0$, and p any number. If $p=0$ and 1, (16) reduces to (12) and (15). For other results of the same character on Laguerre polynomials [which can be deduced from the preceding relations by means of (6)] see our paper quoted under (4). We conclude here with the remark that all the results established for the polynomials of Laguerre can be generalized for the polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$.*

4. Asymptotic Properties of the Polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$. We can prove, with help of (3), the limiting relation

$$\lim_{n\to\infty} n^{-\alpha} l_n^{(\alpha)}\left(x, \frac{\lambda}{n}\right) = e^{-\lambda} \frac{x!}{\Gamma(x+\alpha+1)} L_x^{(\alpha)}(\lambda), \quad \left(\begin{matrix}\alpha > -1, \ \lambda > 0 \text{ bounded} \\ x = 0, 1, 2, \ldots\end{matrix}\right), \qquad (17)$$

analogous to the known relation mentioned above for Laguerre polynomials. The limiting process (6) yields the same formula (6).

Generally, we can take the following remark: when the result concerning Laguerre polynomials $L_n^{(\alpha)}(x)$ contains Bessel functions J_α, the corresponding results for our polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$ will contain the polynomials of Laguerre $L_x^{(\alpha)}(t)$ with a special argument. We have also

$$l_n^{(\alpha)}\left(x, \frac{\lambda}{n}\right) = \frac{\Gamma(n+\alpha+1)}{\Gamma(x+\alpha+1)} \frac{x!}{n!} e^{-\lambda} \sum_{\nu=0}^{n} (1-e^{\frac{\lambda}{n}})^\nu \binom{x+\alpha}{x-\nu} \frac{n^\nu}{\nu!} \left[1 - \binom{\nu}{2} \frac{1}{n} + \ldots\right],$$

so that

$$\frac{n!}{\Gamma(n+\alpha+1)} l_n^{(\alpha)}\left(x, \frac{\lambda}{n}\right) =$$

$$= \frac{x!}{\Gamma(x+\alpha+1)} e^{-\lambda} \{L_x^{(\alpha)}[n(e^{\frac{\lambda}{n}}-1)] - \frac{n}{2}(e^{\frac{\lambda}{n}}-1)^2 L_{x-2}^{(\alpha+2)}[n(e^{\frac{\lambda}{n}}-1)] + \ldots\} = \qquad (18)$$

$$= \frac{x!}{\Gamma(x+\alpha+1)} e^{-\lambda} \{L_x^{(\alpha)}[n(e^{\frac{\lambda}{n}}-1)] + O(n^{-1})\}, \quad (R\alpha > -1)$$

As to the asymptotic formula given in the case $\alpha=0$ by Gottlieb, as well as the validity conditions of the expansion problem of the polynomials $l_n^{(\alpha)}(x)$, the considerations of the quoted note are to be applied without any essential modification to the present more general case. We have also

$$|l_n^{(\alpha)}(x)| = \{j(x)\}^{-\frac{1}{2}} (1-e^{-\lambda})^{-\frac{\alpha+1}{2}} O(n^{\frac{\alpha}{2}} e^{-\frac{\lambda n}{2}}).$$

5. An Analogon of Hermite Polynomials. We see that $l_n^{(\alpha)}(x)$ derives from $L_n^{(\alpha)}(x)$ by replacing in the expression (6′) of the last polynomial $\frac{x^\nu}{\nu!}$ by $\binom{x}{\nu}$, and $(-1)^\nu$ by $(1-e^\lambda)^\nu$ (if we take no care of

* Integrals of the type (15) and (16) are calculated by A. Erdélyi, in the paper Math. Zeit., **40**, 693 (1936). The hypergeometric functions occurring in these integrals lead in the present cases to the expressions of our above formulas.

the constant factor $e^{-n\lambda}$). Using the same substitutions, we get from the expression of Hermite polynomials

$$H_n(x) = \sum_{\nu=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (-1)^\nu \frac{n!}{\nu!} \frac{(2x)^{n-2\nu}}{(n-2\nu)!}$$

the discontinous system of polynomials

$$h_n(x) = e^{-2n\lambda} \sum_{\nu=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (-1)^\nu (e^{2\lambda}-1)^{n-2\nu} \frac{n!}{\nu!} \binom{x}{n-2\nu}, \tag{19}$$

where $x = 0, 1, 2, \ldots$, $n = 0, 1, 2, \ldots$, and $\lambda > 0$ is a parameter. By the same limiting process as in (6) for $l_n^{(\alpha)}(x)$, we get

$$\lim_{\lambda \to 0} h_n\left(\frac{x}{\lambda}\right) = H_n(x). \tag{20}$$

The expression (19) gives other remarkable properties of $h_n(x)$:

$$\Delta h_n(x) = n(1-e^{-2\lambda}) h_{n-1}(x) \quad (h_0(x) = 1,\ n = 1,\ 2,\ \ldots). \tag{21}$$

Therefore, we can state that $\{h_n(x)\}$ is a discontinuous set of Appell polynomials. The generating function of these polynomials is

$$G(x,t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{h_n(x)}{n!} t^n = e^{-t^2 e^{-4\lambda}} [1 + t(1-e^{-2\lambda})]^x \tag{22}$$

and, by the function $G(x,t)$, we deduce the recurrence formulas:

$$x(1-e^{-2\lambda}) h_n(x-1) = h_{n+1}(x) + 2ne^{-4\lambda} h_{n-1}(x),$$
$$(x-n)(1-e^{-2\lambda}) h_n(x) = h_{n+1}(x) + 2ne^{-4\lambda} h_{n-1}(x) +$$
$$+ 2n(n-1) e^{-4\lambda} (1-e^{-2\lambda}) h_{n-2}(x).$$

The last formula is a recurrence relation between four consecutive polynomials $h_n(x)$, which has the consequence that $\{h_n(x)\}$, contrary to $\{l_n^{(\alpha)}(x)\}$, is not an orthogonal system of polynomials.

We obtain also the difference equations

$$\Delta^2 h_n(x) - \frac{1}{2}(e^{2\lambda}-1)^2 x \Delta h_n(x-1) + \frac{n}{2}(e^{2\lambda}-1)^2 h_n(x) = 0,$$

$$\Delta^3 h_n(x) + \Delta^2 h_n(x) - \frac{1}{2}(e^{2\lambda}-1)^2 (x-n+1) \Delta h_n(x) + \frac{1}{2}(e^{2\lambda}-1)^2 n h_n(x) = 0.$$

All these formulas lead with (20), to known results concerning Hermite polynomials. The inversion of the polynomial $h_n(x)$ given by (19) yields the formula

$$(1-e^{-2\lambda})^n n! \binom{x}{n} = \sum_{\nu=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} e^{-4\lambda\nu} \frac{n!}{\nu!} \frac{h_{n-2\nu}(x)}{(n-2\nu)!}, \tag{23}$$

and we recover, by (20), the known inversion formula of $H_n(x)$ [see, e. g. (4)].

Budapest.
Hungary.

Received
10.II.1941.

REFERENCES

[1] M. J. Gottlieb, Amer. Journ. of Math., **60**, 453 (1938). [2] G. Szegö, Amer. Math. Soc. Coll. Publ., **23**, §§ 2.8, 2.9 (1939). [3] G. Szegö, l. c., p. 67. [4] E. Feldheim, Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wet. Amsterdam, **43**, 224, 379, § 1 (1940). [5] G. Szegö, l. c., or (4). [6] G. Szegö, l. c., p. 187.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

MATHÉMATIQUES

QUELQUES RÉSULTATS SUR LES POLYNÔMES D'HERMITE ET DE LAGUERRE. RELATIONS AVEC LES FONCTIONS HYPERGÉOMÉTRIQUES LES PLUS GÉNÉRALES

Par ERVIN FELDHEIM

(Présenté par S. N. Bernstein, de l'Académie, le 6.II.1941)

1°. Nous avons démontré, dans un travail précédent (1), l'équation intégrale

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2} H_m\left(\frac{t+y}{\lambda}\right) H_n\left(\frac{t+z}{\mu}\right) dt =$$

$$= \left(1-\frac{1}{\lambda^2}\right)^{\frac{m}{2}} \left(1-\frac{1}{\mu^2}\right)^{\frac{n}{2}} \sum_{r=0}^{\min(m,n)} \left(\frac{2}{\sqrt{(\lambda^2-1)(\mu^2-1)}}\right)^r \times$$

$$\times r! \binom{m}{r}\binom{n}{r} H_{m-r}\left(\frac{y}{\sqrt{\lambda^2-1}}\right) H_{n-r}\left(\frac{z}{\sqrt{\mu^2-1}}\right) \quad (1)$$

où $H_m(x)$ est le polynôme d'Hermite classique de degré n caractérisé par la fonction génératrice

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{h^n}{n!} H_n(x) = e^{2hx-h^2},$$

y et z sont deux quantités arbitraires sur le plan, λ et μ deux paramètres. Des formes limites (p. e. $\lambda=\mu=1$ etc.) et des conséquences de cette équation, pour lesquelles nous renvoyons à l'article cité, ont été indiquées aussi. Ici nous donnerons la généralisation de (1), pour le produit d'un nombre quelconque de polynômes d'Hermite, et l'inversion de cette équation. Pour cela, il faut rappeler la définition du polynôme d'Hermite à n variables (2). Si

$$\varphi_n(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{r}^{1,n}\sum_{s} a_{rs} x_r x_s \quad (a_{rs}=a_{sr})$$

est *une forme quadratique définie positive* *, à n variables, et $\xi_r =$

* Les résultats établis sont valables aussi si les formes quadratiques ne sont pas définies positives, mais dans ce cas la définition des polynômes d'Hermite à plusieurs variables ne sera plus valable. En modifiant convenablement leur interprétation, la validité des formules trouvées pourra être étendue à ces *cas limites* aussi, et ces cas limites sont précisément ceux qui donnent les relations particulières intéressantes relevées dans cette courte Note.

$= \sum_{s=1}^{n} a_{rs} x_s$ $(r = 1, 2, \ldots, n)$ les variables adjointes aux x_r, les polynômes d'Hermite à n variables seront caractérisés par la fonction génératrice

$$\sum_{m_1, m_2, \ldots, m_n}^{0, \infty} \frac{h_1^{m_1} h_2^{m_2} \ldots h_n^{m_n}}{m_1!\, m_2! \ldots m_n!} H_{m_1, m_2, \ldots, m_n}(x_1, x_2, \ldots, x_n) =$$
$$= e^{2(h_1 \xi_1 + \ldots + h_n \xi_n) - \varphi_n(h_1, h_2, \ldots, h_n)}.$$

Après ces préliminaires, nous pouvons remarquer que, par suite de propriétés connues de ces polynômes d'Hermite à n variables, l'équation (1) peut s'écrire comme suit:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2} H_m\left(\frac{t+\xi}{\lambda}\right) H_n\left(\frac{t+\eta}{\mu}\right) dt = \lambda^{-m} \mu^{-n} H_{m,n}(x, y) \qquad (1')$$

où $H_{m,n}(x, y)$ correspond à la forme quadratique

$$\varphi_2(x, y) = (\lambda^2 - 1) x^2 - 2xy + (\mu^2 - 1) y^2,$$

avec $\xi = (\lambda^2 - 1) x - y$, $\eta = -x + (\mu^2 - 1) y$ et $|\lambda| > 1$, $|\mu| > 1$, $\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\mu^2} < 1$.

La généralisation de (1') est immédiate. Définissons la forme quadratique φ_n par les coefficients

$$a_{rr} = \lambda_r^2 - 1, \quad a_{rs} = -1 \quad (r, s = 1, 2, \ldots, n,\ r \neq s)$$

avec $|\lambda_s| > 1$, $\sum_{s=1}^{n} \frac{1}{\lambda^2} < 1$ $(s = 1, 2, \ldots, r)$ et soit $H_{m_1, m_2, \ldots, m_n}$ le polynôme d'Hermite à n variables qui lui correspond. Alors on aura l'équation cherchée:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-z^2} H_{m_1}\left(\frac{z+\xi_1}{\lambda_1}\right) H_{m_2}\left(\frac{z+\xi_2}{\lambda_2}\right) \ldots H_{m_n}\left(\frac{z+\xi_n}{\lambda_n}\right) dz =$$
$$= \lambda_1^{-m_1} \ldots \lambda_n^{-m_n} H_{m_1, \ldots, m_n}(x_1, x_2, \ldots, x_n). \qquad (2)$$

L'inversion de cette formule est la suivante:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\left(z - \frac{\tau}{k}\sqrt{1-nk}\right)^2} H_{m_1, m_2, \ldots, m_n}\left(x_1 + \frac{z}{\lambda_1}, x_2 + \frac{z}{\lambda_2}, \ldots, x_n + \frac{z}{\lambda_n}\right) dz =$$
$$= \lambda_1^{m_1} \lambda_2^{m_2} \ldots \lambda_n^{m_n} (1 - nk)^{\frac{m_1 + m_2 + \ldots + m_n}{2}} H_{m_1}\left(\tau + \frac{\xi_1}{\lambda_1 \sqrt{1-nk}}\right) \ldots$$
$$\ldots H_{m_n}\left(\tau + \frac{\xi_n}{\lambda_n \sqrt{1-nk}}\right) \qquad (3)$$

où le polynôme d'Hermite à n variables du premier membre correspond à la forme quadratique de coefficients

$$a_{rr} = \lambda_r^2 k\,[1 - (n-1)\,k],$$
$$a_{rs} = \lambda_r \lambda_s k^2 \quad \left(r, s = 1, 2, \ldots n;\ r \neq s;\ 0 < k < \frac{1}{n}\right).$$

Ici, $x_1, x_2, \ldots x_n$ sont des quantités quelconques, et les ξ_r leurs adjointes; τ et les λ sont des paramètres arbitraires.

Pour ce qui est de la démonstration de (2) et (3), nous indiquons seulement qu'on les déduit de la fonction génératrice ci-dessus par un procédé employé déjà dans le travail cité. Parmi les cas particuliers (ou *cas limites*) de ces équations, nous insérons ici les suivants:

a) Formule (2). $n=2$, $\lambda_1=\frac{1}{\cos\alpha}$, $\lambda_2=\frac{1}{\sin\alpha}$ (α quelconque),

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2} H_m(z\sin\alpha+t\cos\alpha)\,H_n(z\cos\alpha-t\sin\alpha)\,dt=\sin^m\alpha\cos^n\alpha H_{m+n}(z).$$

b) Formule (2). $n=2$, $\lambda_1=\lambda_2=1$. Si l'on se rappelle la définition des polynômes de Laguerre

$$L_n^{(\alpha)}(x)=\frac{e^x x^{-\alpha}}{n!}\frac{d^n(x^{\alpha+n}e^{-x})}{dx^n},$$

on déduit de (2), après quelques calculs, l'équation intégrale

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2} H_m(t+y)\,H_n(t-x)dt=2^m n!\,y^{m-n}L_n^{(m-n)}(2xy). \qquad (m\geqslant n).$$

c) Formule (3). $n=2$, $k=1$, $\lambda_1=\lambda_2=-i$. On obtient l'inversion de l'équation précédente:

$$\frac{2^m n!}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-(u+iz)^2}(v+iu)^{m-n}L_n^{(m-n)}(2u^2+2v^2)\,du=$$
$$=H_m(z+v)\,H_n(z-v) \qquad (m\geqslant n).$$

2°. Commençons par rappeler la définition des fonctions hypergéométriques de Lauricella

$$F_A(\alpha;\ \beta_1,\ldots,\beta_n;\ \gamma_1,\ldots,\gamma_n;\ x_1,\ldots,x_n)=$$
$$=\sum\frac{(\alpha)_{m_1+\ldots+m_n}(\beta_1)_{m_1}\ldots(\beta_n)_{m_n}}{(\gamma_1)_{m_1}\ldots(\gamma_n)_{m_n}\,m_1!\ldots m_n!}x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n}$$

où $(\alpha)_m=\frac{\Gamma(\alpha+m)}{\Gamma(\alpha)}$. Pour ce qui est des conditions de convergence de cette série multiple, nous renvoyons aux traités classiques (voir l. c. sous 2). Le premier résultat essentiel est le suivant:

$$\int_0^1 x^{\gamma-1}(1-x)^{\alpha-\gamma-1}F_A(\alpha;\ \beta_1,\ldots,\beta_n;\ \gamma_1,\ldots,\gamma_n;\ xx_1,\ldots,xx_n)dx=$$
$$=\frac{\Gamma(\gamma)\,\Gamma(\alpha-\gamma)}{\Gamma(\alpha)}F_A(\gamma;\ \beta_1,\ldots,\beta_n;\ \gamma_1,\ldots,\gamma_n;\ x_1,\ldots,x_n) \qquad (4)$$

valable pour $R(\alpha)>R(\gamma)>0$, tous les x_k n'étant pas égaux à 1. Quelques cas particuliers de (4) sont déjà connus. Par exemple pour $n=1$ (fonction de Gauss), l'équation correspondante a été établie par M. A. Erdélyi (3), ainsi que sa forme limite relative aux fonctions confluentes.

On peut encore écrire des équations analogues à (4) pour les autres fonctions hypergéométriques, par exemple, pour F_D, cette dernière ayant aussi des applications importantes.

3°. Indiquons quelques conséquences de (4), en particulier, des équations pour les polynômes de Laguerre.

a) Si $n=2$, $\alpha=\frac{1}{\varepsilon}$, $\beta_1=\frac{1}{\varepsilon}$, x et x_1 sont remplacés par εx et $-\varepsilon x_1$ respectivement, et $\varepsilon\to 0$, et encore $\gamma=\gamma_1=\gamma_2=\alpha+1$, $x_1=y$, $x_2=\frac{1}{\lambda}$, $\beta_2=-n$, on retrouve la relation connue (4)

$$\int_0^\infty x^{\frac{\alpha}{2}}e^{-x}J_\alpha(2\sqrt{xy})\,L_n^{(\alpha)}\left(\frac{x}{\lambda}\right)dx=\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)^n y^{\frac{\alpha}{2}}e^{-y}L_n^{(\alpha)}\left(\frac{y}{1-\lambda}\right).$$

b) Une généralisation de cette équation s'obtient pour $n=3$. Avec des substitutions analogues aux précédentes, on déduit de (4) la relation

$$\int_0^\infty x^{\frac{\alpha+\beta}{2}} e^{-x} J_{\alpha+\beta}(2\sqrt{xy})\, L_m^{(\alpha)}\left(\frac{x}{\lambda}\right) L_n^{(\beta)}\left(\frac{x}{\mu}\right) dx =$$

$$= \frac{(\alpha+1)_m (\beta+1)_n}{m!\, n!}\, y^{\frac{\alpha+\beta}{2}} \times$$

$$\times \Psi_1\left(\alpha+\beta+1;\ -m,\ -n;\ \alpha+\beta+1,\ \alpha+1,\ \beta+1;\ -y,\ \frac{1}{\lambda},\ \frac{1}{\mu}\right)$$

où Ψ_1 est une des fonctions confluentes de P. Humbert.

Le cas particulier $\lambda=\mu=1$ de la formule précédente a été déjà établi par M. A. Erdélyi (5). (La généralisation donnée dans notre Mémoire ci-dessous n'est pas exacte.)

Un autre cas particulier de (4) est

$$n! \int_0^\infty e^{-x} x^{m+\frac{\alpha}{2}} J_\alpha(2\sqrt{xy}) L_n^{(m+\alpha)}(x)\, dx = m!\, e^{-y}\, y^{n+\frac{\alpha}{2}} L_m^{(\alpha+n)}(x)$$

avec $R\alpha > -1$.

Nous nous contentons ici de l'indication de ces quelques résultats. Leur démonstration, des conséquences et cas particuliers ou limites, ainsi que d'autres considérations sur les polynômes ultrasphériques et de Jacobi sont développées dans un Mémoire à paraître dans les Annali della R. Scuola Norm. Sup. di Pisa.

Budapest.
Hongrie.

Manuscrit reçu
le 10.II.1941.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] E. Feldheim, Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, **43**, 224, 379 (1940). [2] P. Appell, J. Kampé de Fériet, Fonctions hypergéométriques et hypersphériques, Polynômes d'Hermite, Paris (1926). [3] M. A. Erdélyi, Quart. Journ. of Math., 8, 200, 267 (1937). [4] L. c. sous (1), p. 228, et bibliographie. [5] Journ. of the London Math. Soc., **13**, 146 (1938); E. Feldheim, Quart. Journ. of Math., **11**, 18 (1940).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

MECHANICS

ON DEGENERATION OF ISOTROPIC TURBULENCE IN AN INCOMPRESSIBLE VISCOUS LIQUID

By A. N. KOLMOGOROFF, Member of the Academy

Similarly as in[1] and[2] we shall consider the components

$$u_\alpha(P,\ t)=u_\alpha(x_1,\ x_2,\ x_3,\ t)$$

of the velocity at the moment t at the point $P=(x_1,\ x_2,\ x_3)$ as random variables, and denote by $\overline{A}$ the mathematical expectation of the random variable A.

In the case of isotropic turbulence in the sense of Taylor ([3],[4])

$$\overline{u}_\alpha=0 \tag{1}$$

and the second moments

$$b_{\alpha\beta}=\overline{u_\alpha(x_1^{(1)},\ x_2^{(1)},\ x_3^{(1)},\ t)\,u_\beta(x_1^{(2)},\ x_2^{(2)},\ x_3^{(2)},\ t)} \tag{2}$$

are expressed by formulae ([1],[5])

$$b_{\alpha\beta}=\overline{b}\,(r,t)\cos\vartheta_\alpha\cos\vartheta_\beta+\delta_{\alpha\beta}\,b_{nn}(r,\ t) \tag{3}$$

where

$$r^2=(x_1^{(2)}-x_1^{(1)})^2+(x_2^{(2)}-x_2^{(1)})^2+(x_3^{(2)}-x_3^{(1)})^2,$$
$$x_\alpha^{(2)}-x_\alpha^{(1)}=r\cos\vartheta_\alpha,\ \ \delta_{\alpha\beta}=0\ \text{for}\ \alpha\neq\beta,\ \ \delta_{\alpha\beta}=1\ \text{for}\ \alpha=\beta$$

$$\overline{b}\,(r,\ t)=b_{\delta\delta}(r,\ t)-b_{nn}(r,\ t) \tag{4}$$

$$b_{\delta\delta}(r,\ t)=\overline{u_1(x_1,\ x_2,\ x_3,\ t)\,u_1(x_1+r,\ x_2,\ x_3,\ t)} \tag{5}$$

$$b_{nn}(r,\ t)=\overline{u_2(x_1,\ x_2,\ x_3,\ t)\,u_2(x_1+r,\ x_2\ x_3,\ t)} \tag{6}$$

$$\frac{\partial b_{\delta\delta}}{\partial r}=-\frac{2}{r}\,\overline{b}\,. \tag{7}$$

The formula (7) together with

$$b_{\delta\delta}(0,\ t)=b_{nn}(0,\ t)=\overline{[u_\alpha(x_1,\ x_2,\ x_3,\ t)]^2}=b\,(t) \tag{8}$$

enables us to determine the b_{nn} through $b_{\delta\delta}$. Thus, all second moments are determined by one function only, namely $b_{\delta\delta}(r,t)$.

For $b_{\delta\delta}(r,t)$ Kármán and Howarth[6] obtained the equation

$$\frac{\partial b_{\delta\delta}}{\partial t}+2\left(\frac{\partial b_{nnd}}{\partial r}+\frac{4}{r}b_{nnd}\right)=2\nu\left(\frac{\partial^2 b_{\delta\delta}}{\partial r^2}+\frac{4}{r}\frac{\partial b_{\delta\delta}}{\partial r}\right) \tag{9}$$

where

$$b_{nnd}(r,\ t)=\overline{u_2^2(x_1,x_2,x_3,t)\,u_1(x_1+r,\ x_2,\ x_3,\ t)}\,. \tag{10}$$

Loitsiansky([5]) deduced from the equation (9) that

$$\Lambda = \int_0^\infty b_{nn}(r, t)\, r^4 dt \tag{11}$$

does not depend on time. Take for the «scale of turbulence» the length

$$L = \left(\frac{\Lambda}{b}\right)^{\frac{1}{5}}. \tag{12}$$

By L and the mean value of the velocity components

$$\mathbf{u} = \sqrt{b} \tag{13}$$

we determine the Reynolds number

$$R = \frac{L\mathbf{u}}{\nu} = \frac{\Lambda}{\nu}\mathbf{u}^{3/5}. \tag{14}$$

Since $\mathbf{u} \to 0$ for $t \to +\infty$, from (14) follows that for large t the Reynolds number R is small. At this final stage of degeneration of isotropic turbulence it is legal to apply the theory, neglecting the third moments. As has been shown in([1]), in this case

$$b_{dd}(r, t) = \frac{k}{(4\nu t)^{5/2}} \exp\left(-\frac{r^2}{8\nu t}\right) \tag{15}$$

$$b_{nn}(r, t) = \frac{k}{(4\nu t)^{5/2}}\left(1 - \frac{r^2}{8\nu t}\right)\exp\left(-\frac{r^2}{8\nu t}\right) \tag{16}$$

and, consequently,

$$\mathbf{u} = At^{-5/4} \tag{17}$$

$$L = B\sqrt{t}. \tag{18}$$

It is easy to see, how k, A and B are expressed through ν and Λ.

For large R Kármán([6]) has found, assuming $b_{dd}(r, t)$ to have the form

$$b_{dd}(r, t) = b\psi\left(\frac{r}{L}\right), \tag{19}$$

that $$\mathbf{u} = \mathbf{u}_0 (t - t_0)^{-p}, \qquad L = L_0 (t - t_0)^{1-p}, \tag{20}$$

but did not, however, determine p *.

Below we give a new proof of the formulae (20), from which follows that

$$p = \frac{5}{7}. \tag{21}$$

In the first place we establish that for sufficiently large R from the assumption (19) follows

$$\frac{db}{dt} = -Kb^{3/2}L^{-1} \tag{22}$$

where K is an absolute constant. The formula (22) may be established in different ways. If we take the assumptions of my note([2]), we may argue as follows. For isotropic turbulence the mean energy per unit of

* The equation (77) in ([5]) is wrongly integrated. In fact, the exponent in the formula (78) should be equal to $\frac{AB}{5 + AB}$, and in the formula (81)—to $\frac{-5}{5 + AB}$. The value $p = \frac{5}{7}$ corresponds to $AB = 2$.

mass is equal to $\frac{3}{2}b$. Therefore the dispersion of energy in the unit of time per unit of mass is in the mean equal to

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{3}{2}\frac{db}{dt}. \tag{23}$$

Since, using the notation $B_{dd}(r)$ from(²), we have

$$b_{dd}(r) = b - \tfrac{1}{2}B_{dd}(r), \tag{24}$$

in virtue of the formula (23) from(²) we have for r, small in comparison to L, but large in comparison to λ,

$$b_{dd}(r) \sim b\left(1 - \frac{C}{2b}\bar{\varepsilon}^{2/3}r^{2/3}\right). \tag{25}$$

For the function $\psi(\rho)$ we obtain from (25) for small ρ*

$$\psi(\rho) \sim 1 - g\rho^{2/3} \tag{26}$$

where

$$g = \frac{C}{2}\bar{\varepsilon}^{2/3}L^{2/3}b^{-1}.$$

Consequently

$$\bar{\varepsilon} = \left(\frac{2gb}{C}\right)^{3/2}L^{-1}. \tag{27}$$

Putting

$$K = \frac{2}{3}\left(\frac{2g}{C}\right)^{3/2} \tag{28}$$

we obtain from (23) and (27) the formula (22). The formula (28) shows that the coefficient K is expressed through the absolute constant C, introduced in(²), and the quantity g, which is to be determined from (26) by the form of the function $\psi(\rho)$. From (12) and (10) we obtain

$$\frac{db}{dt} = -K\Lambda^{-\frac{1}{5}}b^{\frac{17}{10}}. \tag{29}$$

The integration of the equation (29) leads to the result

$$b = \left(\frac{10}{7K}\right)^{\frac{10}{7}}\Lambda^{\frac{2}{7}}(t-t_0)^{-\frac{10}{7}}. \tag{30}$$

From (30), (13) and (12) follows

$$u = \left(\frac{10}{7K}\right)^{\frac{5}{7}}\Lambda(t-t_0)^{-\frac{5}{7}}, \tag{31}$$

$$L = \left(\frac{7K}{10}\right)^{\frac{2}{7}}\Lambda^{\frac{1}{7}}(t-t_0)^{\frac{2}{7}}. \tag{32}$$

Comparing (31) and (32) with (20), we find that $p = \frac{5}{7}$ indeed.

Institute of Mathematics.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
4. III. 1941.

REFERENCES

[1] Millionshtchikov, C. R. Acad. Sci. URSS, XXII, 231 (1939). [2] Kolmogoroff, ibid., XXX (1941). [3] Taylor, Proc. Roy. Soc., A, 151, 429 (1935). [4] S. Goldstein, Modern developments in fluid dynamics, I, § 91, Oxford (1938). [5] Лойцянский, Тр. ЦАГИ, вып. 440 (1939). [6] Kárman and Howarth, Proc. Roy. Soc., A, 164, 192 (1938).

Translated by V. Levin.

* We assume that the relation (26) remains valid for arbitrarily small ρ, but a real sense it has only for ρ large compared to $\frac{\lambda}{L}$, since the assumption (19) itself is natural only for r large in comparison to λ.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICS

SUPERCONDUCTIVITY OF THE TIN-ZINC EUTECTICS

By E. L. ANDRONIKASHVILI

(Communicated by P. L. Kapitza, Member of the Academy, 7.III.1941)

The discovery by a number of authors of the anomalous behaviour of superconducting metals in the dispersed state has made the properties of such superconductors a problem of particular interest. In this field the investigations of Shalnikov (1) on the superconductivity of thin films are especially convincing. Shalnikov was able to demonstrate that up to the thickness of 10^{-7} cm films are superconductive and show an anomalously high critical magnetic field value. Freshly deposited (on a surface cooled to 4.2° K), the films possess, moreover, an abnormally high transition temperature.

As it has been shown by Shoenberg (2), superconducting colloids are also characterized (transition temperature being unaltered) by an abnormally high critical field value, by peculiar hysteresis phenomena, and by a reduced (as compared to that of the bulk metal) value of the magnetic moment per unit volume of the specimen, this being connected with the penetration depth of the magnetic field.

In this connexion it seemed of interest to investigate such systems as the eutectic alloys of two superconductors, which form a natural disperse mixture of pure components. Such an alloy should, of course, possess two temperatures of transition from normal to superconductivity, corresponding to the transition temperatures of each of the individual pure components.

The specimens used in the investigation were alloys of tin ($T_k = 3.69°$ K) and zinc ($T_k = 0.79°$ K) which are, according to the equilibrium diagram (3), insoluble in each other in the solid state.

The ballistic induction method was used to measure the magnetic moments in a longitudinal magnetic field of a number of specimens differing as to their composition. The specimens were prepared by alloying the constituents under vacuum. The molten metal was transferred into the solid state by quenching in liquid air. After that the specimens were annealed for some time at a temperature close to eutectic. The shapes of the specimens were those of cylinders ($l = 19$ mm, $d = 3.7$ mm) with a concentration of tin equal to 20 10 and 5%, and of ellipsoids with a tin concentration of 81 and 20%.

Preliminary experiments showed that:

1) Within the investigated temperature range (up to 1.5° K) the magnetic moment of the specimen is practically independent of the tin concentration [even in the case of small (5%) concentrations] and is equal to the magnetic moment of a tin specimen of equal volume.

2) The threshold temperature at which superconductivity sets in coincides for the alloys of investigated concentrations with the critical temperature of tin (3.69° K).

3) The curves showing the dependence of the magnetic moment on magnetic field intensity display the «tails» typical of the disperse state ([2]).

4) When the superconductivity of alloys is destroyed, in contrast to the case of pure tin, a considerable time lag may be observed (the time during which equilibrium sets in is approximately equal to 10 min.). The magnetic moment diminishes in this period sometimes by 50 times. No time lag is observed when the magnetic field is diminished, although a considerable hysteresis effect occurs.

5) In examining the specimens under the microscope, a structure typical of transeutectic and eutectic alloys can be observed.

The fact that the magnetic moment is independent of the concentration of tin, as stated above, may be supposed to be the result of a peculiar screening of the grains of zinc by the tin.

Finally, the observed dependence of the superconducting properties of alloys upon their preliminary heat treatment leaves reasons for hoping that, if the mentioned screening effect does actually occur, it may be eliminated by special heat treatment of the alloys.

Institute for Physical Problems.
Academy of Sciences of the USSR. Moscow.

Received
10. III. 1941.

REFERENCES

[1] Шальников, ЖЭТФ, **10**, 630 (1940). [2] Shoenberg, Proc. Roy. Soc., A, **175**, 49 (1940). [3] Hansen, Der Aufbau der Zweistofflegierungen, 1080, Berlin (1936).

Translated by B. Belitzky.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSIK

ULTRAVIOLETTE LUMINESZENZ VON DURCH SCHWERMETALLE AKTIVIERTEN ALKALIHALOGENIDKRISTALLEN

Von A. M. POLONSKY

(Vorgelegt von S. I. Wawilow, Mitglied der Akademie, den 14.III.1941)

1. Die Erforschung des ultravioletten Leuchtens von röntgenisierten Steinsalzkristallen, von einer Reihe Verfasser (1) durchgeführt, stellte das Vorhandensein eines sehr schwachen Ausstrahlens im Gebiet von 250 mμ fest. Die von uns gemeinsam mit M. Podaschevsky erhaltenen Kurven der Spektralverteilung der Fluoreszenz von NaCl- und KCl-Kristallen zeigen bei NaCl ein Maximum $\lambda = 248$ mμ und bei KCl entsprechend $\lambda = 280$ mμ.

Jedoch bleibt die Frage über die Natur der Zentren der ultravioletten Lumineszenz ungelöst, weil es unaufgeklärt ist, ob dieses Leuchten nur eine Folge des Abbaus der Farbzentren unter Einwirkung des Lichtes oder der Wärme auf einen photochemisch verfärbten Kristall ist, oder aber ob es das Resultat noch irgendwelcher anderer Ursachen ist. Insbesondere ist die Rolle der Beimengungen ganz unerforscht.

Aber, wie es scheint, können einige Hinweise, die den Mechanismus der Entstehung des ultravioletten Leuchtens aufklären, beim Untersuchen der Phosphoren von alkalihalogeniden Salzen erhalten werden. Bei Aktivierung der Kristalle dieser Salze durch Beimengungen wird grosse Aufmerksamkeit durch solche Metalle erregt, deren Ionen leicht in diese Kristalle eindringen, hierbei keine Lokalzerstörungen des Gitters hervorrufen, und welche bei gewöhnlichen Temperaturverhältnissen ein stabiles System bilden, z. B. Silber, Kupfer, Nickel. Ein besonderes Interesse bietet das Silber, welches bei geringen Konzentrationen keine kolloidalen Teilchen in manchen Kristallen nach Eindringen von Elektronen in dieselben bildet. Die entstehende Absorptionsbande liegt im Gebiet des nahen Ultravioletts und ist, nach den Befunden von A. Toporetz (3), dem atomar verteilten Metall zuzuschreiben. Bei höheren Konzentrationen werden auch kolloidale Teilchen gebildet, welche die Absorption im sichtbaren Teil des Spektrums bedingen. Als aktivierendes Metall ist das Silber ein wertvolles Material zum Erforschen, da die atomare und die kolloidale Phase im Absorptionsspektrum ganz deutlich getrennt sind.

2. Vorliegende Arbeit bezweckt das Erforschen der Wirkung der in das Gitter der Kristalle von alkalihalogeniden Salzen eingedrungenen Kupfer-, Nickel- und Silber-Ionen auf das Spektrum des ultravioletten Leuchtens. In dieser Arbeit interessierten uns Lage, Form und Intensität der Leuchtungsbanden.

Als Untersuchungsobjekte dienten natürliches Steinsalz und künstliche KCl-Kristalle, in welche Ionen von einem der obengenannten Metalle eingeführt wurden. Im weiteren wurden auch NaBr und RbCl untersucht. Das Einführen des Metalls in den Kristall geschah durch Elektrolyse des Salzes bei entsprechender Anode, oder durch Diffusion des Metalls in den bis zu einer hohen Temperatur erwärmten Kristall (um 40°—50° niedriger als der Schmelzpunkt). Es wurden Vorsichtsmassregeln unternommen, damit keine fremden Beimengungen in die Kristalle eindrängen. Kontrollobjekte, die keinen Messungen unterworfen wurden, wurden mittels Elektronenverfärbungsverfahren auf Vorhandensein von Kupfer- und Nickel-Ionen geprüft.

In den Versuchen mit Silber war die Konzentration des eingeführten Metalls verschieden. In vielen Fällen erhielten die Kristalle nach photochemischer Verfärbung eine merkliche kolloidale Färbung, typisch für solche Kristalle ([3]).

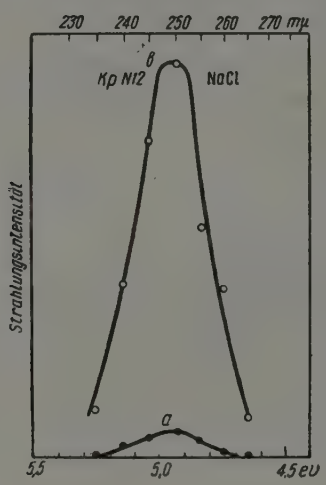


Abb. 1.

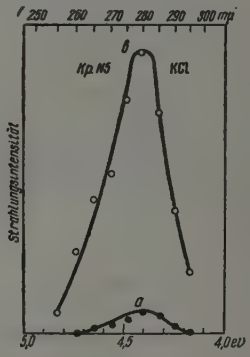


Abb. 2.

Wie auch in den vorigen Arbeiten des Verfassers ([2]), wurden die Spektralmessungen mittels eines Platinwasserstofflichtzählrohrs und eines doppelten Monochromators mit Quarzoptik ausgeführt. Nach der photochemischen Verfärbung der Kristalle durch Röntgenstrahlen wurden Spektralmessungen der Fluoreszenz und der Phosphoreszenz im Intervalle 2000—3100 Å durchgeführt. Alle weiter angeführten Daten wurden mit Berücksichtigung einer Korrektion auf Spektralempfindlichkeit des Lichtzählers erhalten.

3. Die Messungsergebnisse lauten wie folgt:

a) Das Einführen von Kupfer- oder Nickel-Ionen in die Gitter von NaCl- und KCl-Kristallen wirkt nicht auf Lage und Form der Fluoreszenzbanden dieser, durch Röntgenstrahlen verfärbten Kristalle. Die Ausstrahlungsintensität erhält hierbei auch keine merkliche Veränderung.

b) Silberenthaltende NaCl- und KCl-Kristalle erweisen in allen Fällen nach ihrer Verfärbung durch Röntgenstrahlen ein ultraviolettes Leuchten von ausserordentlich grosser Intensität. Der Spektralbestand dieses Leuchtens stimmt mit der Ausstrahlung des unaktivierten Kristalls überein.

Abb. 1 und 2 stellen Fluoreszenzspektren von NaCl- und KCl-Kristallen dar. Auf der Ordinate ist die Ausstrahlungsintensität in willkürlichen Einheiten aufgetragen. Die Kurven *a* beziehen sich auf die Ausstrahlung eines unaktivierten Kristalls, die Kurven *b* auf einen Kristall nach Aktivierung

durch Silber. Der Masstab der Kurven *b* ist 10 Mal verkleinert. Wie die Messungen der Lichtsumme dieser Phosphore erwiesen, steigt die integrale Ausstrahlungsintensität bis um drei Zehnerpotenzen an. Das Maximum der Kurve steigt etwas weniger an, was auf eine gewisse Erweiterung der Kurve hinweist.

Es ist von Interesse zu bemerken, dass es zu solch einer Aktivierung der untersuchten Salze genügt, den Kristall bei hoher Temperatur binnen einiger Stunden zu erwärmen in Anwesenheit eines Stückchens Silber auf einer bedeutenden Entfernung sogar von 2—5 cm.

c) NaCl- und KCl-Kristalle erweisen nach einer Aktivierung durch Silber auch eine intensive Phosphoreszenz im ultravioletten Gebiet derselben Spektralbande.

d) Diese Versuche mit Silber wurden auf andere halogeniden Salze von Alkalimetalle erweitert und zwar NaBr und RbCl. Die von uns auf sorgfältigste Weise zubereiteten Monokristalle dieser Salze zeigen gar keine Lumineszenz im Ultraviolett. Die Lumineszenz konnte sogar unmittelbar beim Zählrohr ohne Monochromator nicht bemerkt werden. Das Einführen des Silbers in diese Kristalle erzeugt in denselben intensive Fluoreszenzbanden, deren Spektralbestand untersucht wurde. Die der Ausstrahlung bei NaBr und RbCl entsprechenden Kurven sind in Abb. 3 dargestellt. Alle Kurven in Abb. 3 sind auf einen gemeinsamen Masstab reduziert.

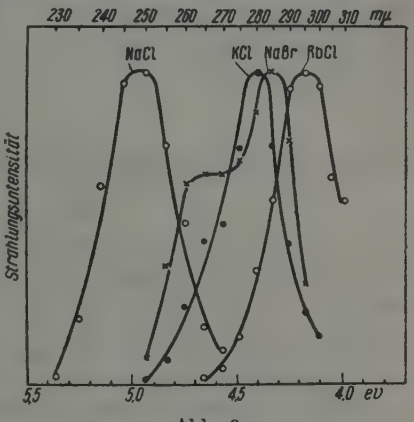


Abb. 3.

Kristalle	λ,mμ	eV
NaCl	248	4.98
KCl	280	4.41
NaBr	284	4.35
RbCl	296	4.17

Die erhaltenen Resultate, die sich auf die Lage der Maxima der erhaltenen Lumineszenzbanden bei NaCl- und KCl-Kristalle beziehen, für welche, wie bekannt, Schemen von Energieniveaus im Kristalle vorgeschlagen wurden, entsprechen völlig P. Tartakowskys Schema. Gerade diese Ergebnisse aber lassen vermuten, dass ein Abbau der *F*-Zentren noch nicht genügend ist um ein ultraviolettes Leuchten zu erregen. Die Natur der Lumineszenzzentren ist zweifellos komplizierter als man es früher vermuten konnte.

Physikalisches Institut.
Staatsuniversität Odessa.

Eingegangen
den 7. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] W. Kudrjawzewa, ZS. f. Phys., **90**, 489 (1934); M. Schein und M. Katz, Nature, **139**, 883 (1936); M. Djatchenko, ZS. f. ex. u. theor. Phys., **9**, 307 (1939). [2] M. Podaschevsky und A. Polonsky, C. R. Acad. Sci. URSS, XXI, 15 (1938); XXIV, 335 (1939). [3] A. Toporetz, ibid., XV, 245 (1937).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICS

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ANTIMONY-CAESIUM FILMS

By P. G. BORSIAK

(Communicated by A. F. Joffe, Member of the Academy, 24.II.1941)

1. The characteristics of the electrical dark conductivity of antimony-caesium films are of some interest. Lukjanov and Mazover (1) established an increase in the film conductivity some time after applying a potential difference to the electrodes. Mazover made an attempt to explain this phenomenon by the heating of the film by means of the current passing through it. The effects of current increase with time observed by us cannot be explained by the proposed interpretation. Neither the duration nor the values of current variations did correspond to the latter. The following experiment may serve as an example. A film (a narrow stripe of $\approx 15 \times 1.5$ mm) was deposited on the wall of a tube immersed in a water bath with room temperature. After applying a voltage of 1 V to the electrodes a 950-fold increase in the dark current was observed during 3.5 hours. After switching off the voltage, the initial dark conductivity was restored in 5 hours. A control test carried out with this film showed that on heating the water bath from 18.5° to 64.5° C the film conductivity at the same voltage had increased only 17 times in total.

Therefore, along with the possible cause mentioned by Mazover, other processes may play even a more important rôle in this phenomenon; they may prove more essential in principle and deserve special attention.

On antimony-caesium films an inverse phenomenon is also observed, namely, the current decrease with time, i. e. the phenomenon of polarization. Both phenomena occur simultaneously. Depending of the voltage magnitude, one of them may prevail without excluding the other. This is shown in Fig. 1. Curve *1* refers to one of the samples for a potential difference of 0.5 V; the other curves refer to another sample: *2*—for 20 mV, *3*—for 75 mV, and *4*—for 150 mV. The ordinate scales are different for these curves.

2. Up to now, the general custom, shared also by the author, was to consider the antimony-caesium film a priori as a typical electronic semiconductor. Investigations carried out with films in different stages of their formation, by observing the sign of the thermo-electro-motive force, showed that they usually had a hole conductivity (or at least the latter predominated). This was proved both in our experimental tubes, and in normal phototubes (without oxygen treatment) which were prepared by B. I. Diatlovitzkaya in 1939 and possessed 2 cathode sealings.

If an excess of caesium is admitted in sufficient amounts into the formed film, the conductivity sign will transform into an electronic one. This inversion could be repeated many times for the same cathode. If additional cae-

sium is admitted into the formed film with a hole conductivity, its dark conductivity lowers, but then rises again after the removal of the caesium added. One of our observations may be mentioned as example. In a furnace with a temperature of 135° C a tube with the film was placed. The side tube containing the caesium sticked out of the furnace. After heating the side tube and introducing in this way additional caesium into the tube, the resistance of the film was increased, attaining 1.1×10^6 Ω. After the side tube had been cooled and the additional caesium removed from the tube by distillation, the resistance diminished again passing through the value of 4×10^4 Ω. This test, if repeated many times, will invariably show that the film, which at this

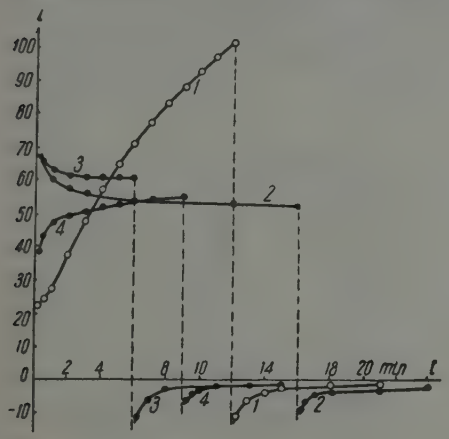


Fig. 1.

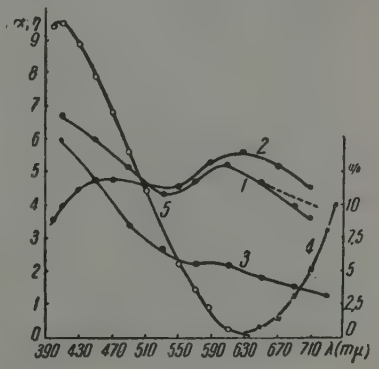


Fig. 2.

temperature is in equilibrium with caesium vapours having a pressure corresponding to room temperature, after being rapidly cooled displays then a hole conductivity.

3. The question on the existence of photoconductivity of antimony-caesium films was discussed in literature (²). We have already published a communication on photoconductivity tests carried out at the temperature of liquid air (³). Then, films were obtained for which a regular photoconductivity was observed, and spectral distribution curves were measured at room temperature. Characteristics corresponding to different technological conditions are shown in different scales in Fig. 2 (curves *1*—*3*). The table contains numerical values obtained in one of the numerous experiments.

λ (mμ)	Relative distribution of energy in the spectrum (W)	Dark current i ($\times 2.4 \times 10^{-10}$A)	Δi at illumination ($\times 2.4 \times 10^{-10}$A)				Δi_{aver}	$\alpha = K \frac{\Delta i_{aver}}{W}$
			I	II	III	IV		
410	4	131	25	26	28	27	26.5	6.6
450	12.5	131	76	—	75	—	75.5	6.0
490	30	131	154	—	158	—	156	5.2
530	55	131	243	—	—	—	243	4.4
570	97	131	452	—	—	—	452	4.7
610	148	131	763	—	—	—	763	5.2
650	204	131	950	—	980	—	965	4.7
690	298	131	1190	1160	1170	—	1173	4.0
710	334	131	1240	—	1260	—	1250	3.7

As considerable time-lag changes are occurring in the film properties when the current is passing through the film, it is clear why it is so difficult to obtain reliable and reproducible data for the spectral photoconductivity characteristics. The data shown in the table and in curve *1* of Fig. 2 illustrate a successful case observed in these investigations. Therefore we are of the opinion that the characteristics established by us are only a qualitative illustration of the general form of this dependence.

For the film to which curve *1* in Fig. 2 refers, the transparency was studied (curve *4*, Fig. 2). If the photoconductivity curve is corrected for the film transparency, in supposing that the reflection coefficient is constant and the light losses for reflection amount to 50 %, then curve *1* is transformed to a dotted line.

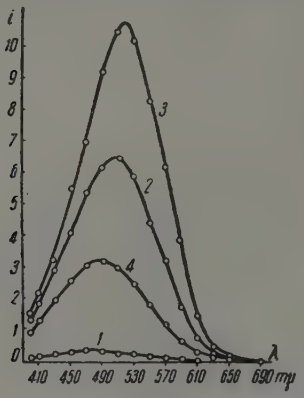


Fig. 3.

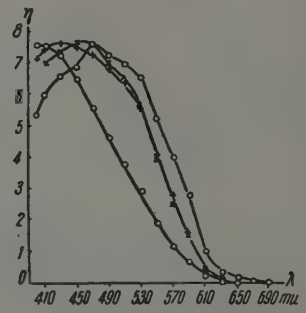


Fig. 4.

From the characteristics presented for the transparency (curve *4*) and spectral distribution of the external photoelectric effect for the same film (curve *5*) it may be seen that if the film is illuminated from behind, as it is always done, the so-called «sliding» external photocurrent in photoconductivity measurements cannot possibly be the cause of disturbances.

In view of the facts mentioned above and the narrow spectral range investigated, we do not draw at present any conclusions as to the characteristics obtained. A careful study of the dark conductivity, which is itself of great interest and will serve for more precise photoconductivity investigations, and a detailed study of the optical properties of antimony-caesium films must be carried out previously. The optical and other properties of films are studied in a wider spectral interval by Diatlovitzkaya in her experiments. The investigation of dark conductivity properties will be continued by us. We want to emphasize that in measuring together with Diatlovitzkaya the transparency of films in the visible region, we have obtained characteristics (also for very thin film) which qualitatively differ from those described in literature (4) and show no minimum, at least in the region from long waves up to 430 mμ.

If the film portion near the electrode is illuminatel, the adjoining electrode is positively charged and the remote electrode has a negative sign. This corresponds to the diffusion of electrons. Thus, in the given film, as e. g. in cuprous oxide, the dark conductivity has the nature of a hole conductivity, but the photoconductivity that of an electronic one. For samples with a large caesium excess possessing simultaneously an electronic dark conductivity no photoconductivity is usually observed.

4. The spectral characteristics of the external photoelectric effect in the visible spectral range were measured for different stages of film formation. In Fig. 3 is shown a series of such curves which are not reduced to a unit of incident light energy. For a condition, in which the sensitivity of the galvanometer used (2.4×10^{-10} A) was already sufficient for spectral measurements, the maximum on curves with the shape shown in Fig. 3 lies approximately at 470 mμ (curve *1*). If the treatment of the caesium film is continued, the maximum shifts to the right, attaining a position of 510—530 μ (curve *3*). With a further stronger thermal treatment and desactivation it again shifts to the left (curve *4*). It is possible that some other technological factors are affecting the characteristics. In Fig. 4 are given the photoelectric yields referring to incident light for the phototubes prepared by us and Diatlovitzkaya at different time. It may be seen that nothing can be said of the exact position of the maximum for the antimony-caesium cathode, in general.

5. It has been already pointed out by Morgulis [5] that our notions on the phenomena, related to the emission properties of complex cathodes of the semiconductor type, are insufficiently developed, because the volumetric processes taking place therein are not studied. Some experiments carried out in order to study in the present investigation the volumetric properties of the substance of which the contemporary representative of effective cathodes is built up, yielded new data and confirmed the necessity of performing such researches with other complex cathodes. The antimony-caesium film presents also an interesting object for studying the semiconductor phenomena.

I want to express my thanks to the head of the laboratory, prof. N. D. Morgulis, who has paid great attention to the present investigation, and also to the Laboratory of Semiconductors of the Kiev State University, which put at my disposal the monochromator used for spectral measurements.

Institute for Physics.
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.
Kiev.

Received
27. II. 1941.

REFERENCES

[1] С. Ю. Лукьянов и И. С. Мазовер, ЖЭТФ, **9**, вып. 12, 1460 (1939). И. Мазовер, там же, **9**, вып. 12, 1466 (1939). [2] С. Ю. Лукьянов, Н. Н. Лушева и И. С. Мазовер, ЖТФ, **9**, вып. 20, 1810 (1939); Н. С. Хлебников, Изв. Эл. пром. сл. т., № 12 (1940). [3] Тр. конфер. по катодным явлениям (Киев, 1940), Фіз. зап. АН УРСР, **9**, вып. 2, 173 (1941). [4] П. И. Лукирский и Н. Н. Лушева, ЖТФ, **7**, вып. 18—19, 1900 (1937). [5] Н. Д. Моргулис, Докл. на сов. по свойствам полупроводников, Ленинград (1940).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICS

ULTRASONIC WAVE VELOCITY IN FORMIC ACID—WATER MIXTURES

By I. G. MIKHAILOV

(Communicated by S. I. Wawilow, Member of the Academy, 19.II.1941)

In a previous communication (1) it has already been stated that in pyridine—water and aniline—acetic acid mixtures, at concentrations corresponding to maximum density and viscosity of such mixtures, the compressional coefficient has a minimum value in the first case and displays a considerable deviation from additivity towards diminution in the second case.

These results afford evidence that molecular interaction (combination or association) is accompanied in these mixtures not only by increase in density and viscosity, but also by a decrease in the value of β_{ad}, this having an effect on the velocity of sound*. The result obtained by the author for the mixture formic acid—water is an even more interesting example of the effect of physical and chemical interaction of the components of a mixture on the velocity of sound.

A detailed investigation of the mixture formic acid—water has been carried out by Glagoleva (3), who established the fact that a number of physical properties of this mixture (density, viscosity, electrical conductivity, surface tension, etc.) experience more or less sharp changes at concentrations of 1 g. m. of HCOOH to 1 g. m. of H_2O and 1 g. m. of HCOOH to 2 g. m. of H_2O. On the basis of these results and also of results obtained in the study of the relation between numerous properties of the mixture and temperature, Glagoleva comes to the conclusion that these facts are an indication of the existence of two stable compounds: $HCOOH.H_2O$ and $HCOOH.2H_2O$.

Prof. E. F. Gross has called attention to the fact that at these «critical» concentrations, ultrasonic velocity—concentration and compressibility—concentration curves for the mixture $HCOOH—H_2O$ may be expected to display noticeable deviations from the simple mixture lines.

The ultrasonic velocity was measured by the author in the mixture formic acid—water by the method already described in the previous paper. In the table and the figure are given the results of these measurements **. Density and viscosity curves are plotted according to the data of Glagoleva. These

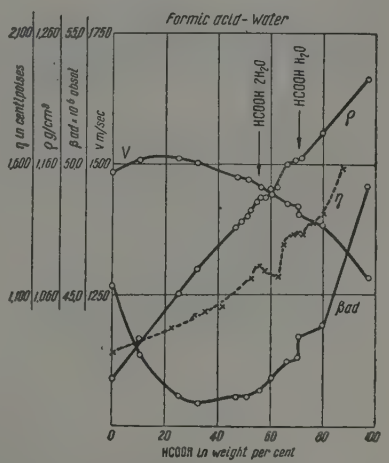
* It is interesting to mention here that already McLeod (2) in his theory of mixtures assumed that the viscosity maximum in a mixture appears as the result of a compressional change.

** Mixtures of various concentrations were kindly prepared for the author by Prof. A. A. Glagoleva.

results afford evidence that at concentrations of 1 g. m. HCOOH per 1 g. m. of H_2O and 1 g. m. HCOOH to 2 g. m. of H_2O there indeed occur noticeable changes in sound velocity, which exceed possible experimental error. The change in the velocity of sound at a concentration of 1 g. m. of HCOOH per 1 g. m. of H_2O (71.8%) is much more noticeable than that which occurs at the concentration of 1 g. m. of HCOOH to 2 g. m. of H_2O (56.1%). In the latter case only a small increase in the velocity of sound may be noted.

At these concentrations marked changes of β_{ad} may also be observed. Here again at a concentration of 1 : 2 the rate of variation of β_{ad} is only slightly slowed down, while at concentrations of 1 : 1 the value β_{ad} suffers a very sharp change.

% of HCOOH by weight	ρ, density in g/cm³ at 20°C	v, ultrasonic velocity in m/sec, $t = 20°C$	$\beta_{ad} \times 10^6$ abs. units
0	0.9982	1 485	45.4
10.7	1.0260	1 509	42.8
25.6	1.0610	1 511	41.2
32.5	1.080	1 504	40.9
47.6	1.114	1 477	41.14
51.4	1.121	1 472	41.17
56.2	1.135	1 458	41.4
60.3	1.140	1 446	41.9
66.6	1.160	1 424	42.5
70.4	1.164	1 418	42.7
71.0	1.164	1 406	43.4
80.0	1.185	1 386	43.9
97.5	1.227	1 287	49.2



This agreement of the change in the velocity of sound and compressibility, at the above «critical» concentrations, with the changes in density, viscosity and a number of other properties of the mixture, which were studied by Glagoleva, is of interest from the standpoint of the nature of molecular interaction.

Moreover, it is interesting to note that the sound velocity curve for the mixture $H_2C_4O_2$—H_2O (1) exhibits a marked similarity to the corresponding curve for the mixture HCOOH—H_2O, if the latter is plotted for the same concentrations. We come thus to the supposition that phenomena observed at «critical» concentrations for the mixture HCOOH—H_2O can also be observed for the mixture $H_2C_4O_2$—H_2O, but were missed because measurements in this region were conducted only for concentrations from 61 to 81% by weight.

In connexion with this supposition it is interesting to study in detail the physical and chemical properties of the mixture $H_2C_4O_2$—H_2O and of other aqueous mixtures of acids of the same homologous series at concentrations of 1 : 1 and 1 : 2.

It is furthermore evident from the figure that the velocity—concentration curve for HCOOH possesses a maximum at about 20%. The β_{ad} curve has corresponding minimum at approximately 30%. In the previous communication the author has already called attention to the existence of similar maxima of the velocity of sound in some aqueous binary mixtures. The nature of these maxima is somewhat obscure. The outstanding feature concerning them seems to be that they occur only in aqueous mixtures. In a number

of other non-aqueous mixtures investigated by other authors ([4]), only a small deviation from additivity in the sound velocity—concentration curve may be observed. The mixture C_2H_5OH—CCl_4 is the only known case for which Sacher ([5]) was able to establish the existence of a small minimum of the velocity of sound. This author attempts to connect his results with the dipole properties of the components of the mixture.

In conclusion the author wishes to express his gratitude to A. A. Glagoleva for her interest and assistance in this investigation.

Institute of Physics.
Leningrad State University.

Received
1. III. 1941.

REFERENCES

[1] I. G. Mikhailov, C. R. Acad. Sci. URSS, XXXI, No. 4 (1941). [2] D. B. McLeod, Trans. Faraday Soc., 19, 17 (1923). [3] А. А. Глаголева, Исслед. сист. мурав. кислота—вода (диссертация) (1939). [4] S. Parthasarathy, Proc. of the Ind. Ac. Sci., VIII, No. 4 (1936). [5] K. Sacher, Phys. ZS., No. 15, 360 (1940).

Translated by B. Belitzky.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

TECHNICAL PHYSICS

A DIAGRAM OF MECHANICAL STATE

By J. B. FRIEDMANN

(Communicated by E. V. Britzke, Member of the Academy, 6.II.1941)

1. The nature of stresses causing rupture is a problem which remained quite obscure up to recent years. A number of authors, Kuntze ([1]) e. g., consider all ruptures of metals to be caused by normal stresses and agree with Ludwik ([2]) in that the brittle state of a metal differs from the viscous state only by its value of plastic deformation before rupture. Only in the years 1934—1936 it was firmly established by the works of Davidenkov ([3,4]) that brittle strength (i. e. the strength which is overcome on brittle rupture) and tough strength (which is overcome on viscous rupture) are physically distinct properties, and that these properties are connected with the strength of various crystallographic planes [that is the reason why the brittleness diagram of Davidenkov (Fig. 1) is bounded at the top not by one line, as all the preceding diagrams, but by two lines: by the brittle strength curve CL and by the tough strength curve MB].

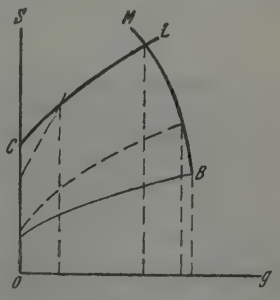


Fig. 1. The diagram of N. N. Davidenkov, which in contrast to all previous schemes is the first to convey the idea of two types of rupture: brittle (CL) and viscous (MB).

In a series of previously published investigations the author of the present paper was able to obtain convincing confirmation of the views of Davidenkov and to develop them further, whereby it was brought to light that while brittle rupture is caused (as it was previously supposed) by normal stresses, viscous rupture is brought about by tangential or shearing stresses ([5]). Furthermore, it was found out that a whole series of relations which hold true for rupture of one type must be reversed for rupture of the other type (see table).

Consequently, when brittle and viscous rupture are spoken of, it should be borne in mind that these terms imply not only a different degree of strain before rupture, but—in the first place—two distinct properties of the metal, governed by two different laws. In other words, we are actually speaking in this case of a metal's resistance to normal stresses (brittle strength) and its resistance to tangential stresses (shearing strength).

2. In the vast majority of cases (e. g. tension, bending, torsion, shearing, etc.) we find both normal N and tangential τ stresses to arise together

As result of:	In the case of viscous rupture (metals that are not cold brittle always in the case of rupture occurring within the crystalline grain; cold brittle metals, in the case of rupture above the critical temperature of brittleness only)	In the case of brittle rupture (cold brittle metals in the case of rupture within the crystalline grain below the critical temperature of brittleness)
1. An increase in the concentration of solid solution (resistance to plastic deformation always increases)	Plasticity diminishes (copper, aluminium, nickel alloys; steels above +20°, magnesium alloys above + 250°)	Plasticity and viscosity grow with increase in concentration (zinc and magnesium alloys at 20°; some steels at—180°)
2. An increase in grain size (resistance to plastic deformation usually falls, with the exception of special phenomena in case of creep)	Plasticity does not change (or even increases) (aluminium and copper alloys, steels above 20°)	Plasticity (and viscosity) may decrease considerably with increase in grain size (steels at low temperatures; magnesium alloys at 20°); this also holds for intercrystalline rupture
3. A decrease in temperature (resistance to plastic deformation always grows)	Plasticity and viscosity do not experience abrupt drop (copper, aluminium, austenite alloys with clear grain boundaries)	Plasticity and viscosity diminish considerably (Zn, Mg, Fe-α—rupture within grains; Al-Mg alloys + intercrystalline rupture; W — cold brittleness)

in the strained body, and it is only the relation between them that may vary. Therefore, under equal external strain two different types of rupture may occur in a body depending upon the material's resistance to normal stresses σ_N and to tangential stresses σ_τ (Fig. 2).

If under a given stress the first to be overcome is the shearing strength of the material, then the fracture occurs in the neighbourhood of the planes (or curves) of maximum tangential stresses (second from the left vertical column in Fig. 2). If, on the other hand, the material is less resistant to normal rupture, then the fracture takes place along the lines of maximum normal stresses (third column from left in Fig. 2). Finally, if both critical values are reached simultaneously, an unstable * fracture is the result (right column in Fig. 2). In the case of notched specimens with localized stress zones, the fracture presents a somewhat more complex picture ([5]).

3. Since compressive stress ($-N$) alone cannot lead to rupture, and is important only in so far as it may give rise to tangential or normal tensile stresses, it is of primary significance in determining the type of rupture to devote particular attention to the ratio of maximal τ_{max}/N_{max} for each state of stress.

All the possible cases of the state of stress with respect to $+N$ and τ may therefore be depicted in one quadrant (Fig. 3), beginning with purely tangential stresses ($N=0$) and ending with normal tension $\tau=0$ (τ is the abscissa and N the ordinate in Fig. 3). Evidently, the tangent

* Evidently, as a rule, the resistance to normal rupture σ_N increases with the stretching (as seen from Fig. 3); this may alter somewhat the relations given in the right column of Fig. 2.

of inclination $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\tau_{max}}{N_{max}}$ will immediately point to the ratio τ_{max}/N_{max} and thus give a single-valued characteristic for that given state of stress (e. g. in the case of torsion or shear $\operatorname{tg}\alpha = 1$; in case of tension $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2}$; in case of the body experiencing tension on all sides $\operatorname{tg}\alpha = 0$; for compression in addition to pressure on side $\operatorname{tg}\alpha \approx 0$; tension of a notched specimen gives $\operatorname{tg}\alpha < {}^1/_2$, etc.). In a similar manner the relations between the material's properties (in Fig. 3 properties are conditionally designated by straight lines) may also be expressed by some coefficients: $\beta = \frac{\sigma_{\tau_k}}{\sigma_N}$,

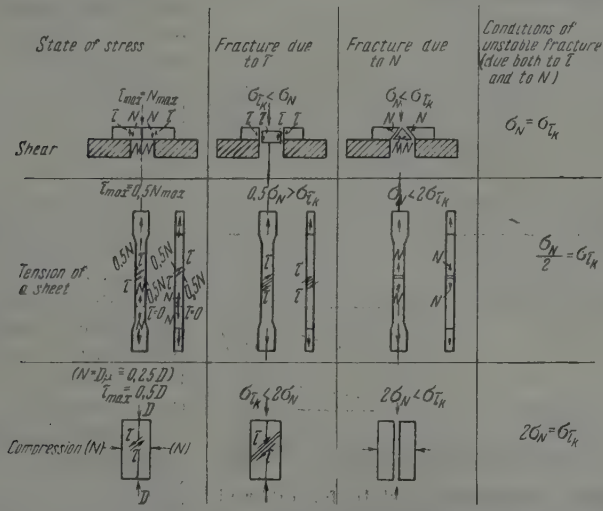


Fig. 2. Types of fracture due to normal stresses (right vertical column) in the case of shear, tension and compression. Formulae at right denote the conditions under which unstable fractures may occur (see first footnote).

i. e. the ratio of shearing (tangential) strength to brittle strength; $\gamma = \frac{\sigma_{\tau_s}}{\sigma_N}$, i. e. the ratio of the yield point to brittle strength; $\lambda = \frac{\sigma_{\tau_s}}{\sigma_{\tau_k}}$, i. e. the ratio of the yield point to shearing (tangential) strength. The coefficient β together with the coefficient γ therefore determines the type of fracture.

When $\beta < \alpha$, there takes place a viscous fracture due to tangential stresses. When $\beta > \alpha$, there takes place a brittle fracture due to normal stresses. When $\beta = \alpha$, there takes place an unstable fracture.

The coefficient γ determines the presence (or absence) of plastic deformation before brittle rupture.

The coefficient λ does not depend upon the state of stress and determines the plastic property of the material at rupture caused by tangential stress. If $\lambda \geq 1$, i. e. $\sigma_{\tau_s} \geq \sigma_{\tau_k}$, then even in the state of stress characterized by $\alpha = \infty$, i. e. under the action of tangential stresses alone [as in the well-known experiments of Kármán with marble (6)], materials with $\lambda \geq 1$ (e. g. glasses and silicates at 20°) in principle can-

not be transferred into the plastic state*. It follows from this that in contrast to widespread opinion not all brittle materials can be transferred into the plastic state by altering their state of stress, but that this can be achieved only with those, which like marble are characterized by $\lambda < 1$. The application of a triaxial state of stress (increase of the coefficient α) does not, strictly speaking, transfer the material into a new state, but only fixes the coefficient $\lambda < 1$, characteristic of the material in any state of stress. At small values of α the difference $\sigma_{\tau_k} - \sigma_{\tau_s}$ does not become apparent, because of premature rupture due to $N \geqslant \sigma_N$. Fig. 3, which may be given the name of the «Diagram of Mechanical State», describes the behaviour of a given material under state of stress (any value of α).

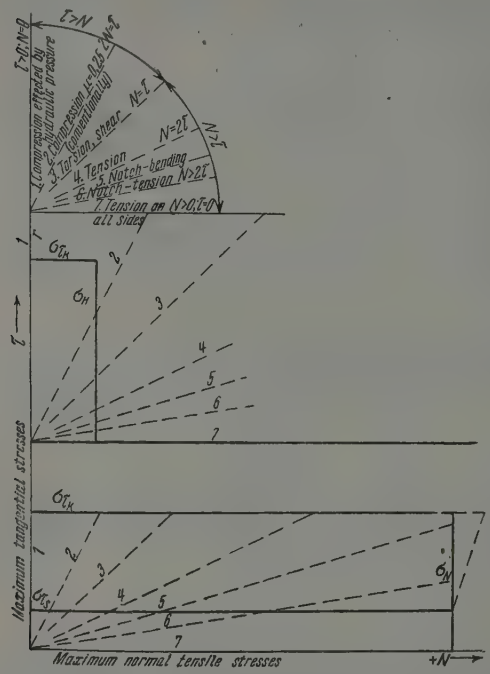


Fig. 3. Diagram of mechanical state for different states of stress at various relations between σ_N—the resistance to normal rupture, σ_{τ_k}—to tangential rupture and the yield point σ_{τ_s}. At the bottom the line σ_N for the plastic metals among the metals that are not cold short brittle (Al, Cu, Ni, Pb) has not yet been experimentally obtained. The diagram for the brittle materials proper (like glass at 20°, $\sigma_{\tau_s} > \sigma_{\tau_k}$) is given in the middle portion of the figure.

Of course, the practical application of the diagram in Fig. 3 will encounter difficulties, because in many cases the values of the coefficient α and of other coefficients are not yet known. The evaluation of these coefficients and the widening of the range of application of the «Diagram of Mechanical State» are therefore problems to be tackled in the next investigations on the subject.

Laboratory for the Physics of Metals.
All-Union Institute of Aircraft Materials.
Moscow.

Received
6. II. 1941.

REFERENCES

[1] W. Kuntze, Stahlbau, 2, 133 (1935). [2] P. Ludwik, Metallwirtschaft, 8,287 (1929). [3] Н. Н. Давиденков, Динамич. испытания (1936). [4] Н. Н. Давиденков, Проблема удара в металловедении (1938). [5] Я. Б. Фридман, ЖТФ XI, 11 (1941). [6] Th. v. Kármán, Zeit. VDI (1911).

Translated by B. Belitzky.

* If, of course, the condition $\sigma_{\tau_k} \leqslant \sigma_{\tau_s}$ has not been effected by rise in temperature, application of too lengthy loading, etc.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

TECHNICAL PHYSICS

DIE FOUCAULTSCHEN WIRBELSTRÖME IN UNMAGNETISCHEN METALLZYLINDERN

Von R. W. TELESNIN

(Vorgelegt von W. F. Mitkevitch, Mitglied der Akademie, den 8.III.1941)

Das Problem der Wirbelströme in einem unendlich langen Zylinder bei konstanter magnetischer Permeabilität ist zuerst von Rayleigh [1] im Jahre 1882 untersucht worden. Aus der Maxwellschen Theorie ergibt sich für einen Zylinder, dessen Achse mit der Z-Achse zusammenfällt, im zylindrischen Koordinatensystem die Gleichung

$$\frac{\partial^2 H_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial H_r}{\partial r} = 4\pi\mu\gamma\frac{\partial H_r}{\partial t} \tag{1}$$

wo γ die spezifische Leitfähigkeit in CGS_m-Einheiten darstellt. Rayleigh macht die Annahme, dass beim Verschwinden des äusseren Feldes H_0 sich das Feld H_r im Zylinder nach dem Gesetz e^{-nt} ändert, wo n eine der Relaxationsdauer reziproke Grösse ist. Dann erhält Gleichung (1) die Form:

$$\frac{\partial^2 H_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial H_r}{\partial r} + 4\pi\mu\gamma\, nH_r = 0. \tag{2}$$

Die Lösung dieser Gleichung führt uns zu der Rayleighschen Formel für die Zeit des Abklingens des magnetischen Flusses im Zylinder

$$t = -\frac{\ln \psi \mu\gamma\pi R^2}{1.44}. \tag{3}$$

Hier ist $\psi = \frac{\Phi}{\Phi_0}$, wo Φ den Fluss im Zeitpunkt t und Φ_0 den anfänglichen Fluss im Zeitpunkt $t = 0$ bedeuten.

Die Rayleighsche Annahme über das exponentielle Gesetz der Änderung von H_r muss in der Form

$$H_r = H_{r0}\, e^{-nt} \tag{4}$$

angesetzt werden. Dieser Ausdruck lässt sich in Gleichung (1) nur dann anwenden, wenn das Aussenfeld selbst nach exponentiellem Gesetz abfällt, und nicht momentan, d. h. nicht in derart kleinen Zeiträumen verschwindet, deren Dauer mit der Abklingungszeit der im Zylinder auftretenden Wirbelströme inkommensurabel ist.

Beim momentanen Verschwinden des Feldes genügt der Ausdruck (4) nicht mehr den Grenzbedingungen, da bei $r = R$ und $t \geqslant 0$ H_r Null wird. Die Anfangsbedingungen werden von Rayleigh nicht berücksichtigt. In-

nerhalb des Zylinders ändert sich das Feld auch nicht nach dem exponentiellen Gesetz. Die strenge Theorie der Erscheinung, die zuerst von Wwedensky ([2],[3]) und dann in allgemeinerer Form von Tichonow ([4]) entwickelt worden ist, führt zu folgendem Ausdruck für die Feldstärke im Zylinder:

$$H_r = 2H_0 \sum_{\nu=1}^{\infty} e^{-\frac{\lambda_\nu^2 t}{4\pi\mu\gamma R^2}} \frac{J_0(\lambda_\nu x)}{\lambda_\nu J_1(\lambda_\nu)} \tag{5}$$

wo λ_ν die Wurzel der Besselschen Funktion nullter Ordnung darstellt und ferner $x = \frac{r}{R}$.

Wwedensky geht von derselben Gleichung (1) aus, macht jedoch keinerlei Annahmen über den Charakter der Feldänderungen im Zylinder; er führt die neue Variable $x = \frac{r}{R}$ ein und schreibt das allgemeine Integral dieser Gleichung in der Form

$$H_x = H_0 \sum_{\nu=1}^{\infty} A_\nu e^{-\frac{\lambda_\nu^2 t}{4\pi\mu\gamma R^2}} J_0(\lambda_\nu x). \tag{6}$$

Bestimmt man A_ν aus den Anfangs- und den Grenzbedingungen, die das momentane Verschwinden des äusseren Feldes ausdrücken, so ergibt sich für den magnetischen Gesamtfluss im Zylinder der Ausdruck

$$\Phi = \pi R^2 H_0 \cdot 4 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_\nu^2} e^{-\lambda_\nu^2 \xi} = \pi R^2 H_0 \psi(\xi) \tag{7}$$

und

$$\frac{\Phi}{\pi R^2 H_0} = \frac{\Phi}{\Phi_0} = \psi(\xi), \tag{8}$$

wobei $\xi = \frac{t}{4\pi\mu\gamma R^2}$. Die Werte der Funktion $\psi(\xi)$ sind von Wwedensky und vollständiger von Tichonow berechnet worden. Kennt man ξ für die verschiedenen ψ-Werte, so kann man die Abklingungszeit des magnetischen Flusses

$$t = 4\pi\mu\gamma R^2 \xi \tag{9}$$

bestimmen. Die nach den Formeln von Rayleigh und Wwedensky ermittelten t-Werte weichen erheblich voneinander ab, insbesondere wenn sich ψ Eins nähert.

Die vorliegende Arbeit verfolgt den Zweck, das Abklingen des magnetischen Flusses in Zylindern bei momentanem Verschwinden des Aussenfeldes zu untersuchen und die Unbrauchbarkeit der Rayleighschen Formel für eine derartige Erscheinung nachzuweisen. Ausserdem sollen die Grenzen der Anwendbarkeit der für unendlich lange Zylinder entwickelten Theorie in bezug auf Zylinder endlicher und zwar kleiner relativer Länge untersucht werden.

Zur Untersuchung diente ein Helmholtzscher Pendelunterbrecher von erheblich verbesserter Konstruktion ([5],[6]). Der fallende Rahmen des Pendels öffnet den Kontakt und unterbricht den Strom in der Zylinderwicklung. Nach Verlauf der Zeit t von 1×10^{-6} bis 2.5×10^{-3} Sek. wird die Zylinderwicklung mit einem ballistischen Galvanometer verbunden, dessen Ausschlag den zu diesem Zeitpunkt im Metall noch vorhandenen Fluss Φ misst. Untersucht wurden 6 Zylinder von vershiedenem Durchmesser aus verschiedenem Material, deren relative Länge $\Lambda = \frac{l}{2R} \geqslant 40$ betrug. Abb. 1

zeigt die Messergebnisse für einen dieser Zylinder. Hier werden die theoretischen Kurven des Abklingens des Flusses nach Wwedensky (stetige Kurve) und nach Rayleigh (gestrichelte Kurve) aufgetragen. Die Punkte stellen die Versuchsergebnisse für verschiedene Stromstärken in der Zylinderwicklung dar. In allen Fällen zeigt sich gute Übereinstimmung der experimentell ermittelten Punkte mit der Kurve von Wwedensky und nicht mit der Rayleighschen Kurve. Aus der Rayleighschen Formel ergeben sich weitaus grössere Werte der Abklingungszeiten des Flusses im Zylinder, als sie in Wirklichkeit vorliegen und wie sie richtig nach Wwedenskys Theorie vorherbestimmt werden. Besonders erheblich wird diese Differenz im Anfangsstadium des Prozesses. Bei $\psi = 0.9$ beträgt die nach Rayleigh berechnete Zeit 975% von der wirklichen, bei $\psi = 0.5$—192.8% und bei $\psi = 0.2$—133%. Erst bei $\psi = 0.02$ unterscheiden sich die t-Werte nicht von den wirklichen. Da eine Reihe von Forschern bei der Berechnung der Abklingungszeit des magnetischen Flusses von der Rayleighschen Formel ausgeht, so sind ihre t-Werte bestimmt zu hoch gegriffen.

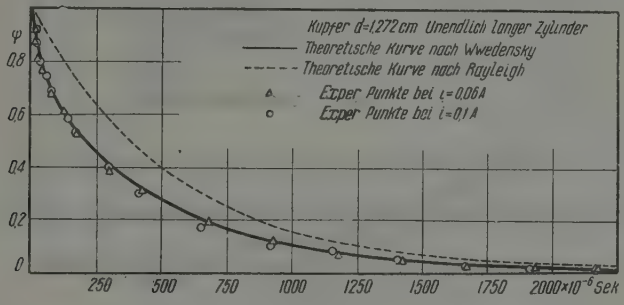


Abb. 1.

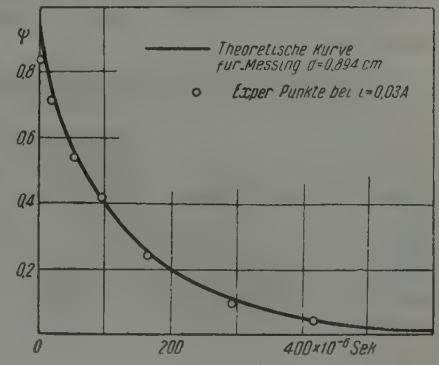


Abb. 2. Platte.

Der Prozess des Abfalls des magnetischen Flusses wurde nicht nur in Zylindern, sondern auch in Platten untersucht. Für diesen Prozess ist die theoretische Kurve von Wolman und Kaden [7] gegeben worden, die dabei von analogen Vorstellungen ausgingen. Die Ergebnisse der Untersuchung einer Messingplatte mit den Abmessungen von $22.6 \times 16.5 \times 0.894$ cm sind in Abb. 2 zusammengefasst.

Bei der Untersuchung des Abklingens des magnetischen Flusses in metallischen Zylindern oder Platten ist unbedingt darauf zu achten, dass die Wicklung der Oberfläche des Metalls dicht anliegt. Ist zwischen Metall und Wicklung ein mit Luft, Glas oder einem anderen Dielektrikum ausgefüllter Zwischenraum vorhanden, so durchsetzt ein Teil des Flusses Φ_0 diesen Zwischenraum entsprechend dem relativen Flächeninhalt seines Querschnitts. Beim Ausschalten des Stromes in der Wicklung verschwindet dieser Teil des Flusses momentan im Gegensatz zu dem anderen Teil, der das Metall durchsetzt. Daher hat man bei der Bestimmung von Φ_0 beide Komponenten des vom Galvanometer gemessenen Gesamtflusses zu berechnen.

Zur Bestimmung der Grenzen der Anwendbarkeit der Theorie, die sich auf Zylinder unendlicher Länge bezieht, wurden Messingzylinder vom Durchmesser 2.53 cm und der relativen Länge $\Lambda = 5.26$; 2.65; 1.462 und 1.04 untersucht. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, fallen die experimentell ermittelten Punkte bei den Werten bis $\Lambda = 2.65$ gut mit der theoretischen Kurve nach Wwedensky zusammen. Bei $\Lambda = 1.462$ und darunter treten bedeutende

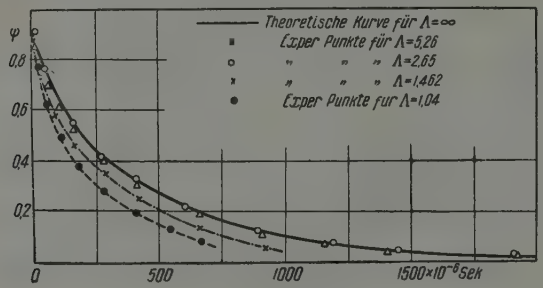


Abb. 3. Zylinder.

Abweichungen auf. Somit darf man den Schluss ziehen, dass die Theorie nur für Zylinder mit einer relativen Länge von über 2.5 gültig ist.

Ausser kurzen Zylindern wurden auch lange Zylinder ($\Lambda_{Zyl} = 2.65$) mit kurzer Wicklung ($\Lambda_{Wick} < 2.5$) untersucht. In solchen Zylindern verläuft der Abfall des Flusses rascher als dies die Theorie verlangt.

Prof. W. K. Arkadiev spreche ich für seine wertvollen Ratschläge meinen Dank aus.

Maxwell-Laboratorium für Elektromagnetismus.
Physik. Forschungsinstitut der Universität Moskau.

Eingegangen
den 11. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] Rayleigh, Rep. of the Brit. Ass., **52**, 442 (1882). [2] Б. А. Введенский, Научные известия, сб. 3, 156 (1922); ЖРФХО, ч. физ., **50**, 1—3, 1 (1923). [3] B. Wwedensky, Ann. der Phys., **66**, 110 (1921). [4] А. Н. Тихонов, Сб. Пробл. эл.-тех. металла, № 1, 79 (1938); В. К. Аркадьев, Эл.-маг. процессы в металлах, ч. II, фиг. 44 (1936). [5] Р. В. Телеснин, ЖЭТФ, **7**, вып. 1, 117 (1937). [6] Р. В. Телеснин, Сб. Практ. пробл. эл.-магнетизма, 59 (1939). [7] W. Wolman und H. Kaden, ZS. f. techn. Phys., **13**, 330 (1932).

Übersetzt von D. Penner.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSIQUE DU GLOBE

L'ÉTUDE DE L'ABSORPTION SÉLECTIVE DE LA LUMIÈRE DANS L'ATMOSPHÈRE

Par P. V. STOROZHENKO

(Présenté par S. I. Wawilow, de l'Académie, le 7.III.1941)

On mesure, généralement, la transparence spectrale de l'atmosphère en utilisant les sources célestes de la lumière. Mais la distribution inconnue des éléments absorbants, de même que les conditions également inconnues de leur existence aux altitudes différentes, font naître de grandes difficultés dans l'étude des causes responsables pour la variation de transparence. Cela se rapporte, en particulier, à l'étude de l'absorption sélective de la lumière dans l'atmosphère. L'emploi d'une source artificielle de la lumière augmenterait considérablement les possibilités experimentelles.

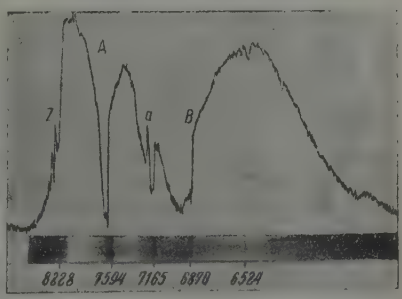


Fig. 1.

C'est encore dans les années 70 du XIX siècle que Janssen (1) a observé les raies telluriques dans le spectre d'un bûcher éloigné. Tout récemment A. et E. Vassy (2) ont publié quelques données quantitatives sur les raies atmosphériques, qu'ils ont obtenues dans les conditions naturelles au moyen d'une lampe à incandescence.

En automne 1940 l'auteur a réussi à organiser la prise systématique de photographies des raies d'absorption des vapeurs d'eau et de l'oxygène dans la partie visible, et voisine du domaine infra-rouge du spectre, en utilisant un projecteur muni d'une lampe à incandescence. On a de même effectué les études photométriques, dont les résultats préliminaires sont donnés plus bas. Le projecteur était placé dans l'une des tours de l'observatoire de Poulkovo; les spectres ont été obtenus par un spectrographe de petite puissance à fente, situé à Doudergoff, à la distance de 14 km de Poulkovo. La hauteur des spectres était environ 2 mm.

On voit sur la fig. 1 la photographie du spectre obtenue sur les plaques Ilford, sensibles dans l'intervalle des expositions normales approximativement jusqu'à 8300 Å, et la microphotogramme correspondante. Sur la première, aussi bien que sur la seconde on voit nettement les bandes des vapeurs

d'eau Z (8399—7843 Å), a (7304—6850 A), de même que la bande plus faible 6660—6280 Å.

Les bandes de l'oxygène A (7594—7703 Å) et B (6868—6946 Å) étaient obtenues si profondes, que les mesures de l'intensité fussent rendues difficiles. Afin de trouver le caractère de variation de l'intensité de bandes des vapeurs d'eau en fonction de l'état atmosphérique nous avons effectué des mesures photométriques.

Les soirs, dans l'obscurité complète, on obtenait parallèlement deux séries de photographies: l'une sur les plaques Ilford, l'autre sur celles infrachrome de NIKFI. Chaque série comprenait 5 photographies, dont deux

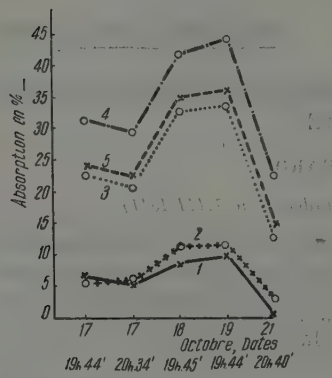


Fig. 2.

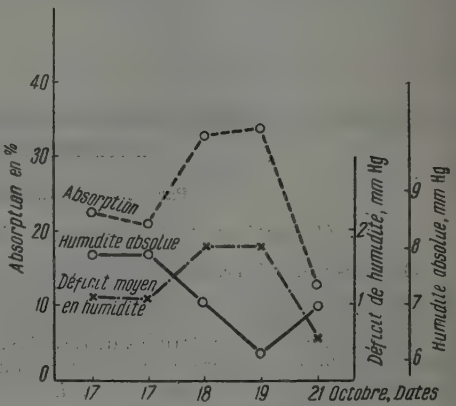


Fig. 3.

étaient prises de 17.X à l'intervalle de 50 min., et de trois photographies prises le 18, 19, 20. X et obtenues à peu près en même temps. L'exposition était de 9 min. pour les plaques Ilford et de 15 min. pour celles de NIKFI. Le fonctionnement du projecteur pendant la prise était controlé. L'étalonnage des plaques était effectué au laboratoire au moyen des prises d'un écran de barite éclairé par une source étalon à l'aide du même spectrographe, entre le collimateur et le prisme duquel étaient placés les réseaux de fils de fer à transparence connue. Les photographies étaient étudiées avec le microphotomètre de Moll. Par les courbes caractéristiques pour chaque longueur d'onde on déterminait l'intensité en unités arbitraires. On n'est pas arrivé, par suite de la dispersion insuffisante de l'appareil, à résoudre les bandes étudiées, mais leur forme a été bien définie. Pour les bandes non résolubles, ayant la structure rotatoire, la notion du coefficient d'absorption n'a pas de sens. Pour cela nous avons utilisé la méthode de photométrie, qui nous a donné la grandeur approximative de l'absorption dans la région des maxima de bandes. On a choisi, pour les mesures photométriques, en cas des plaques Ilford les bandes Z, a et 6660—6280 Å. Chacune de ces bandes a, au moins, deux maxima bien nets. Sur les plaques NIKFI on mesurait deux maxima de la bande Z. Le rapport de l'intensité dans les maxima choisis de bandes des vapeurs d'eau à celles des bornes de chacune des bandes, où l'absorption par la vapeur était supposée absente ou petite, déterminait la transparence pour les ondes de longueurs choisies. Ceci permet de définir l'absorption en p. c. Les écarts par rapport aux valeurs réelles de l'absorption étaient causés également par le fait que la diffusion de la lumière n'a pas été totalement exclue. Mais tout de même, la méthode

ameployée a permis d'atteindre le but que nous nous sommes proposé dans le présent article.

On voit sur la fig. 2 les résultats de mesures de l'absorption pour les trois bandes de la première serie (Ilford) prises pendant diverses journées (les chiffres *1* et *2*, *3* et *4*, *5* désignent les résultats se rapportant respectivement aux bandes 6660—6280 Å, *a* et *Z*). La variation de la valeur de l'absorption est répétée pour tous les jours par toutes les bandes et par chaque maximum. Les mesures sûres n'ont été faites que pour le maximum de la bande *Z* à la longueur d'onde plus petite. La valeur de l'absorption dans la région de la bande 6660—6280 Å est de l'ordre de 5—10%. Mais la qualité singulièrement haute des courbes caractéristiques de cette bande a permis d'obtenir une grande précision de mesures. La seconde série de photographies (infrachrome NIKFI) a donné la même marche d'absorption pour les deux maxima de la bande *Z* que la première série.

La comparaison suffisamment sûre des résultats obtenus avec les éléments météorologiques ne pouvait être probablement effectuée que si ces derniers étaient mesurés dans la couche d'air considérée le long des 14 km en plusieurs points d'après un programme spécial, ce qui était exclu.

Pour cela nous avons utilisé les observations de quatre stations météorologiques situées aux environs de la place de nos expériences (Sloutzk, Strelna, Belogorka, l'aéroport de Leningrad). Les données de toutes les quatre stations se distinguaient peu les unes des autres et ne laissaient aucun doute sur l'ordre et le caractère de changements des éléments météorologiques considérés pendant les prises des spectres.

Les conditions météorologiques étaient de 16 à 21.X suffisamment homogènes. Le temps était stable et sec avec le vent faible de sud-ouest, aux nuages continus et avec la baisse progressive de température, correspondant à la periode de mesure, de 6.5 jusqu'à 1.7°, et de la pression respectivement de 773 jusqu'à 756 mm.

Sur la fig. 3 l'on compare la marche de l'absorption par les vapeurs d'eau dans la région de l'un des maxima de la bande *a* avec celle de l'humidité absolue et le déficit de l'humidité correspondant à peu près au temps de nos expériences. Comme la marche d'absorption pour toutes les bandes est la même, la comparaison avec la marche d'absorption dans la région d'une seule bande se trouve suffisante. On se servait des données moyennes de l'humidité absolue et du déficit de l'humidité mesurées à 20 heures* de chaque jour pour toutes les quatre stations.

On a trouvé, ce qui a été tout à fait inattendu, que pour le cas particulier étudié la grandeur de l'absorption par les vapeurs d'eau non seulement ne suivait pas la marche de l'humidité absolue, mais croissait lorsque l'humidité absolue diminuait. Les données exposées ne permettent pas en tout cas de trouver une dépendance simple. La marche du déficit de l'humidité reproduit avec une singulière regularité celle de l'absorption par les vapeurs d'eau.

Institut de la Météorologie expérimentale.
Leningrad.

Manuscrit reçu
le 10. III. 1941.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie, III, 344, Leipzig (1905).
[2] A. et E. Vassy, Journ. de Phys., **10**, 9, 403 (1939).

Traduit par S. Tager.

* Temps moyen du second fuseau horaire.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GEOPHYSIK

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BEOBACHTETEN INTENSITÄT DER SONNENSTRAHLUNG UND DER GEOGRAPHISCHEN BREITE

Von N. N. KALITIN

(Vorgelegt von A. A. Grigoriev, Mitglied der Akademie, den 1.III.1941)

Die Abhängigkeit der Intensität der Sonnenstrahlung, wie sie an der Erdoberfläche beobachtet wird, von der geographischen Breite des Beobachtungsortes lässt sich nur dann aufklären, wenn genügend lange Reihen von Messergebnissen vorliegen, welche aus verschiedenen geographischen Breiten stammen, jedoch bei derselben Masse der Atmosphäre ermittelt sind. Dabei muss man die Höhenlage des Ortes als Faktor ausschalten, und nur Punkte mit unbedeutenden Differenzen in der Erhebung über dem Meeresspiegel betrachten. Will man nun die für einzelne Monate erhaltenen Strahlungsintensitäten untereinander vergleichen, so sind die gemessenen Werte noch auf die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne zu beziehen.

Unter diesen Bedingungen gemessen, ist der Einfluss der geographischen Breite auf die beobachtete Intensität der Sonnenradiation ausschliesslich der verschiedenen Durchsichtigkeit der Atmosphäre zuzuschreiben. Die Untersuchung dieses Einflusses ist bei uns in der Sowjetunion zur Zeit wohl möglich, da wir schon über reichhaltiges Material von aktinometrischen Messungen verfügen, die einen Raum von 38° (Aschchabad) bis zu 80° n. B. (Franz-Joseph Land) zu übersehen gestatten.

Für die Erforschung der oben erwähnten Abhängigkeit werden neben den veröffentlichten Angaben [1] auch unveröffentlichte, doch zum Druck bereits bearbeitete benutzt.

Insgesamt konnten 21 Orte herangezogen werden, in denen systematische Beobachtungen über die Intensität der Sonnenradiation während einiger Jahre angestellt waren, und die zwischen den geographischen Breiten der Bucht Tichaja und Aschchabad und den Längengraden von Slutzk und Kap Schmidt gelegen sind. Um den Einfluss der Höhenlage über dem Meeresspiegel auszuschalten, sind nur unter 400 m liegende Orte in Betracht gezogen.

Um den Vergleich in dem ganzen Bereich der geographischen Breiten durchführen zu können, sind die Monate Mai, Juni, Juli verwertet worden. Die Intensitäten der Sonnenradiation sind für die Massen 2, 3 und 4 durchgearbeitet. In der Tabelle, in der die Beobachtungsorte nach abnehmenden Breitengraden geordnet sind, sind die mittlere Monatswerte für die Masse 2, auf die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne bezogen, angegeben.

Nur für drei Orte in der Arktis—Kap Zhelanija, Insel Ujedinenje und die Niederlassung Poljarnoje—erstrecken sich die Beobachtungen über ein, beziehender Weise zwei und zwei Jahren; für alle anderen Orte sind sie von einer Dauer von drei und noch mehr Jahren. Das liefert schon genügend Material um, wenn auch in der ersten Annäherung, die Mittelgrössen festzu-

stellen; besonders gilt dies für mehr südlich gelegene Orte, wo die klimatischen Bedingungen viel mehr Messungen, als in nördlich gelegenen Orten gestatten.

Die Intensität der Sonnenstrahlung nimmt merklich ab in der Richtung der niedrigeren Breitengrade, was in der Hauptsache durch die Veränderung des Wasserdampfgehaltes d. Atmosphäre bedingt ist. So ist z. B. im Juli die Grösse der Radiation in Aschchabad um 24% kleiner, als in der Bucht Tichaja.

Aus der Abbildung, die die Abhängigkeit der Grösse der Strahlungsintensität von der geographischen Breite im Juli wiedergiebt, ist zu ersehen, dass in höheren Breiten die Intensität der Sonnenstrahlung sich schneller von Ort zu Ort ändert, als in niedrigeren Breiten. Im Süden gesellt sich zu den grundlegenden Veränderungen der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, die durch die Veränderungen des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre bedingt sind, noch der Einfluss der Verstaubung; dieser Faktor ist oft sehr veränderlich und bedingt die grössere Streuung der Messungsergebnisse im Süden, obwohl hier mehr Beobachtungen als im Norden durchgeführt wurden.

Orte	Geographische Breite	Zahl der Beobachtungsjahre	Mai	Juni	Juli
			Kalorien		
Bucht Tichaja	80°.3	5	1.28	1.31	1.29
Insel Ujedinenije	77°.5	2	1.29	1.32	1.33
Kap Zhelanija	77°.0	1	1.24	1.29	1.23
Matotschkin Schar	73°.3	3	1.23	1.27	1.26
Bucht Tixi	71°.6	4	1.28	1.31	1.21
Niederlassung Poljarnoje	69°.2	2	1.21	1.21	1.17
Kap Schmidt	68°.9	3	1.22	1.20	1.19
Jakutsk	62°.0	6	1.16	1.13	1.12
Slutzk	59°.7	10	1.14	1.14	1.10
Kostroma	57°.7	5	1.10	1.10	1.07
Moskau	55°.8	4	1.07	1.11	1.04
Smolensk	54°.8	3	1.12	1.12	1.06
Irkutsk	52°.3	8	1.11	1.08	1.08
Kursk	51°.8	8	1.12	1.10	1.05
Woronesch	51°.7	6	1.12	1.09	1.06
Rostov/Don	47°.2	6	1.06	1.07	1.04
Odessa	46°.4	4	1.02	1.03	0.97
Eupatoria	45°.2	4	1.05	1.07	1.01
Karadag	44°.9	4	1.09	1.09	1.10
Wladiwostok	43°.1	8	1.04	1.09	1.06
Aschchabad	38°.0	3	1.04	1.02	0.98

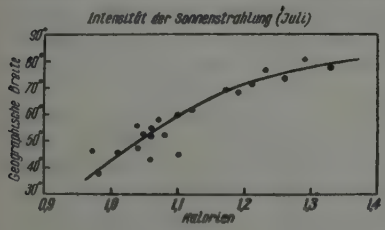


Abb. 1.

Einige Schuld für die Streuung der Punkte trägt auch noch der Umstand, dass nicht alle die Orte, in denen die aktinometrischen Beobachtungen angestellt sind, in Beziehung der Reinheit der Atmosphäre vollkommen günstig gelegen sind. An einigen Orten sind die Beobachtungspunkte in den Städten oder in geringer Entfernung von ihnen gelegen; wie vor kurzem S. G. Sivkoff (2) gezeigt hat, kann der Einfluss derselben, sogar wenn sie klein sind, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre beträchtlich vermindern.

Eine weitere Anreicherung der Beobachtungen mit der Zeit und mit der Anzahl der wirkenden Stationen, begleitet von einer kritischen Sichtung der örtlichen Einflüsse, wird uns vor kurzem gestatten, eine genauere Abhängigkeit der Intensität der Sonnenradiation von den Breitengraden zu finden.

Aktinometrische Abteilung.
Geophysikalisches Observatorium.

Eingegangen
den 3. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] Актинометр. наблюдения Второго междунар. полярного года (1932—1933), Тр. Аркт. ин-та, 80, 117, 136 (1937). [2] С. И. Сивков, Мет. и гидр., № 10 (1940).

Übersetzt von K. Lehmann.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GEOPHYSIK

DER EINFLUSS DER OXYDATION AUF DIE MAGNETISCHEN EIGENSCHAFTEN DER MAGNETITE

Von O. N. ALTHAUSEN

(Vorgelegt von P. P. Lasareff, Mitglied der Akademie, den 6.III.1941)

1. Wie P. P. Lasareff (1) gezeigt hat, vermag die Änderung der magnetischen Eigenschaften des Gesteins, dessen remanenter Magnetismus das magnetische Feld im gegebenen Orte der Erdoberfläche ganz oder teilweise bedingt, hier Variationen dieses Feldes zu verursachen. Eine derartige Änderung der magnetischen Eigenschaften kann das Ergebnis gewisser physikalisch-chemischer Prozesse im Gestein sein. So ist z. B. die Vorstellung zulässig, dass die magnetischen Eigenschaften der Gesteinsarten, die den Magnetit enthalten, durch Oxydation wesentlich beeinflusst werden, da der Magnetit, der bekanntlich ein Ferromagnetikum mit hoher Suszeptibilität darstellt, bei der Oxydierung in paramagnetischen Hämatit mit bedeutend geringerer Suszeptibilität übergeht. Eine derartige Änderung der magnetischen Eigenschaften des Gesteins muss sich natürlich auf die Grösse des von ihm erzeugten Feldes auswirken. Infolge der Oxydation können sich auch die magnetischen Eigenschaften solcher Gesteinsarten ändern, die keinen Magnetit enthalten.

In der vorliegenden Arbeit untersuchen wir die Änderung der magnetischen Eigenschaften bei der Oxydierung des Magnetits als des meistverbreiteten Minerals, das an vielen Stellen der Erdoberfläche und zwar in der Nähe der Fundorte dieses Gesteins anomale Magnetfelder erzeugt.

2. Die Oxydierung wurde durch die Erwärmung der untersuchten Probestücke im elektrischen Ofen bei einer Temperatur von 780° C in Sauerstoffatmosphäre herbeigeführt. Da die Magnetiterze verschiedenartige Beimengungen enthalten, so durfte man erwarten, dass bei derart hohen Temperaturen die Beimengungen in Wechselwirkung mit der ferromagnetischen Masse treten und dadurch ihre chemische Zusammensetzung ändern werden; folglich müssen sich dann auch ihre magnetischen Eigenschaften unabhängig von dem Oxydationsprozess ändern, und die Ermittelung des Einflusses des eigentlichen Oxydationsvorganges kann daher misslingen. Dementsprechend wurde neben dem Erz des Berges Wyssokaja mit hohem Magnetitgehalt auch künstlicher Magnetit ohne Beimengungen untersucht. Die Tabelle zeigt die chemische Zusammensetzung und die magnetischen Charakteristiken der untersuchten Magnetite; hier werden ferner vergleichsweise die Charakteristiken des Magnetits von dem Berge Magnitnaja angeführt. Die magnetischen Daten wurden nach dem ballistischen Verfahren in offenem Stromkreis gemessen.

Untersuchtes Mineral	Zusammensetzung nach den Resultaten der chemischen Analyse			Maximale Suszeptibilität $\varkappa_{max}$	Koerzitivkraft H_c in Oersted	Anmerkungen
	Fe_3O_4	Fe_2O_3	Beimengungen			
Künstlicher Magnetit	98.0	1.87	—	17.2—18	2.5—3	
Magnetit vom Berge Magnitnaja . . .	49.5	45.23	5.25	0.09—0.16	150—230	Die Angaben der chem. Analyse eines Probestückes
Magnetit vom Berge Wyssokaja vor der Oxydation	76—86	2.7—0.55	21—13	0.90—0.98	24—27	Die Angaben der chem. Analyse für 5 Probestücke
Ditto nach Oxydierung innerhalb 45 Min.	—	—	—	0.74	32.5	—
Ditto nach Oxydierung innerhalb 1 St. 30 Min.	—	—	—	0.415	40.5	—
Ditto nach Oxydierung innerhalb 4 St.	52.44	32.5	15.06	0.352	54.0	—

Die Probestücke aus künstlichem Magnetit wurden durch Oxydierung von Eisendraht in Wasserdampf(2) gewonnen; sie besassen Zylinderform und wurden aus einem und demselben Materialstück hergestellt, wodurch die Gleichartigkeit ihrer Zusammensetzung und ihrer Eigenschaften gewährleistet wurde. Die Magnetit-Probestücke vom Berge Wyssokaja besassen Prismenform und wurden aus einem und demselben Erzstück angefertigt. Bei den magnetischen Messungen wurde die jungfräuliche Magnetisierungskurve aufgenommen und nach ihr die maximale Suszeptibilität $\varkappa_{max}$ bestimmt; ferner wurde die Koerzitivkraft H_c für den maximalen Zyklus ermittelt. Die chemische Analyse wurde nach der Durchführung der magnetischen Messungen vorgenommen.

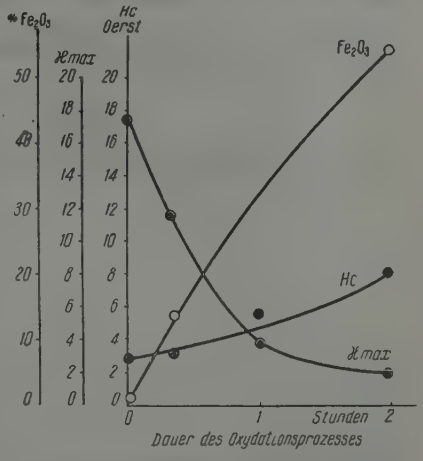


Abb. 1. Oxydation in Luft bei 780° C.

3. Die Messergebnisse werden in der Tabelle und in Abb. 1 (für künstlichen Magnetit) zusammengefasst. Durch die verschiedene Dauer der Exposition bei der hohen Temperatur werden verschiedene Oxydationsgrade bewirkt. Aus der Tabelle und Abb. 1 ergibt sich die Abnahme der maximalen Suszeptibilität bei der Oxydation des künstlichen Magnetits und die Zunahme der Koerzitivkraft mit der Vergrösserung des Gehalts an Hämatit Fe_2O_3, das sich bei der Oxydation bildet. Eine einfache Abhängigkeit der Abnahme der $\varkappa_{max}$-Werte von der Zunahme des Fe_2O_3-Gehalts lässt sich nicht ermitteln. Eine derartige Ab-

hängigkeit muss vorliegen, sofern die Oxydierung nur an der Oberfläche des Probestückes vor sich geht, da der $\varkappa_{max}$-Wert (sofern man die Veränderung des Querschnitts vernachlässigt) von der Menge der ferromagnetischen Masse abhängig ist; bei der Oberflächenoxydation des Probestückes dürfte die Koerzitivkraft keine Änderung erhalten. Anscheinend erfolgt die Oxydation in der ganzen Masse des Probestückes, und das unmagnetische Oxyd Fe_2O_3 überzieht die ferromagnetischen Körner mit Oberflächenhäutchen, wodurch die obenerwähnte Änderung der Eigenschaften bewirkt wird.

Ungeachtet der bedeutenden Zunahme der H_c-Werte des künstlichen Magnetits bei der Oxydation (von 2.5 auf 8 Oersted) dürfen die grossen H_c-Werte der Magnetiterze selbst bei hohem Oxydationsgrad nicht auf die Oxydation zurückgeführt werden. Wie aus der Tabelle ersichtlich, enthält der Magnetit vom Berge Magnitnaja bis 45% Fe_2O_3, wobei die Koerzitivkraft des Magnetits um das mehrfache die Koerzitivkraft übertrifft, die sich bei der Oxydation des künstlichen Magnetits bis zu einem Fe_2O_3-Gehalt von über 50% beobachten lässt. Die Oxydierung des Magnetiterzes vom Berge Wyssokaja zeigt, dass die Gesetzmässigkeit in der Änderung der magnetischen Eigenschaften bei der Oxydierung hier dieselbe ist, wie im Falle des künstlichen Magnetits, jedoch weichen hier die Absolutwerte von H_c wesentlich von den H_c-Werten für künstlichen Magnetit ab.

Die relativ hohen H_c-Werte, die man im Magnetit vom Berge Wyssokaja vor der Oxydation bei geringem Fe_2O_3-Gehalt beobachtet, dürfen womöglich mit dem Vorhandensein irgendwelcher anderer Beimengungen in dem Erze zusammenhängen, die auf die magnetischen Eigenschaften des Magnetits einen wesentlichen Einfluss ausüben müssen. Bei starker Erhitzung sind, wie schon oben erwähnt, ausser dem Einfluss, den die Oxydation auf die magnetischen Eigenschaften des Erzes ausübt, auch Änderungen der magnetischen Eigenschaften infolge der Wechselwirkung zwischen den Beimengungen und der ferromagnetischen Masse zu erwarten.

Institut für theoretische Geophysik.
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Moskau.

Eingegangen
den 6. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] P. P. Lasareff, C. R. Acad. Sci. URSS, XXVII, No. 9 (1940). [2] M. S. Sikejew, Bull. Acad. Sci. URSS, sér. géogr. et géophys., No. 6 (1940).

Übersetzt von D. Penner.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOPHYSIK

ÜBER DIE METHODIK ZUR BESTIMMUNG DES ABKLINGENS DER NACHBILDER

Von G. G. JAURE

(Vorgelegt von P. P. Lasareff, Mitglied der Akademie, den 25.II.1941)

Von P. P. Lasareff (1) ist eine komplette quantitative Theorie der Retina-Nachbilder aufgestellt worden, die sowohl das Entstehen wie das Abklingen der Nachbilder erklärt.

Das Abklingen der Nachbilder erfolgt nach der Formel

$$J = A + Be^{-\alpha_3 t}$$

wobei J—Helligkeit des Nachbilds, proportional der Konzentration der Reizstoffe C' auf dem belichteten Abschnitt der Netzhaut; A und B sind Konstanten, in denen das Verhältnis der Werte der thermischen Prozesse in der Netzhaut (sog. Eigenlicht der Netzhaut) zu dem Koeffizienten α_3 enthalten ist, der die Geschwindigkeit charakterisiert, mit der die Zerfallsprodukte der lichtempfindlichen Substanz eliminiert werden; e—Basis der Napier'schen Logarithmen; t—seit Aufhören der Reizung verflossene Zeit. Bei der experimentellen Überprüfung, die zuerst von Lasareff persönlich und darauf von Krawkow (2) vorgenommen wurde und bei der die Theorie ihre Bestätigung fand, wurde nachfolgende Methode verwendet.

Das durch einen bestimmten Reiz hervorgerufene Nachbild wurde auf ein der Grösse nach gleiches schwarzes Feld übertragen, das sich auf einem hellen Hintergrund befand, dessen Beleuchtungsstärke der Helligkeit des beobachteten Nachbilds angeglichen wurde. Die Änderung der Helligkeit des Hintergrunds in der Zeit ergab die Kurve des Abklingens.

Eine andere, früher von Lasareff angewandte Methode wird von Burch (3) beschrieben. Bei dieser wird das entstehende Nachbild auf eine beleuchtete Fläche aus Milchglas übertragen, hinter dem eine Lichtquelle längs einer Skala verschoben werden kann. Die Helligkeit ist proportional dem Quadrat der Entfernung der Lichtquelle von der Milchglasscheibe. Es werden die Momente des Übergangs vom positiven zum negativen Nachbild gezählt.

Die grösste Schwierigkeit beider Methoden besteht in der Kürze der Zeit, während derer das Abklingen erfolgt. Sie beläuft sich auf Sekunden (nach Krawkow, 6 Sekunden).

Die wichtigste Aufgabe jeder anderen Methode besteht in der erforderlichen Verlängerung der Zeit des Abklingens. Dies kann erreicht werden durch Verlängerung der Expositionszeit und Verstärkung des Reizes. Sowohl das eine wie das andere ist für die Augen schädlich. Dazu kommt, dass man wie immer auch die Zeit des Abklingens durch derartige Massnahmen

verlängert, so wird sie trotzdem durch das reagierende Licht [nach Helmholtz' Terminologie (4)] bei der Messung selbst verkürzt werden. Dies reagierende Licht ist selbst imstande ein Nachbild hervorzurufen.

Die längste Dauer weist die Zeit des Abklingens bei völliger Dunkelheit auf (in einem dunklen Zimmer oder bei geschlossenen und mit den Händen bedeckten Augen). Aber unter diesen Bedingungen lässt sich nichts messen, ausser der Zeit des Versuchsbeginns und -endes. Zur Messung des Abklingens ist aber die Einwirkung reagierenden Lichts erforderdich, sowie die Veränderung seiner Intensität. Hieraus folgt, dass zur Verlängerung der Zeit des Abklingens erstens als reagierendes Licht ein solcher Lichtreiz verwendet werden muss, der nicht imstande ist, ein Nachbild zu erzeugen, und zweitens, dass die Bestimmung des Abklingens bei geschlossenen Augenlidern vorgenommen werden muss.

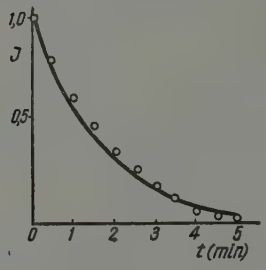


Abb. 1. Abklingen des Nachbildes.

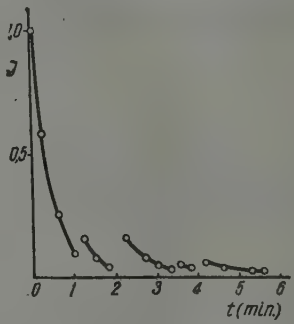


Abb. 2. Abklingen des Nachbildes in ermüdeten Augen.

Als Lichtreiz, der beide Bedingungen erfüllt und für Messungszwecke völlig geeignet ist, kann durch die geschlossenen Lider durchfallendes Licht verwendet werden. Meine speziell angestellten Versuche zeigten, dass auch nach sehr langer Adaptationszeit grelles Licht beim Durchfallen durch die geschlossenen Augenlider ein Nachbild von weniger als einer Sekunde Dauer hervorruft. Bei nichtadaptierten Augen ruft auch sehr langdauernde Exposition bei geschlossenen Augen kein Nachbild hervor.

Auf Grund dieser Umstände bediente ich mich folgender Methode zur Bestimmung des Abklingens der Nachbilder. Es wurde eine Schachtel auf einem Stativ montiert, in die man das Gesicht senken konnte. Bei geschlossenen Augen wurde dabei die Empfindung völliger Dunkelheit erzeugt. Auf der gegenüberliegenden Seite war eine Irisblende ausgeschnitten, deren Durchmesser mit Millimetereinteilung versehen war. Grösse des Durchmessers: 2 bis 50 mm. Zur Erregung des Nachbilds diente das trübe, durchs Fenster fallende Licht eines Wintertags. Der Fensterrahmen bildete ein gutes Hilfsmittel zur Bestimmung des Übergangsmoments vom positiven zum negativen Nachbild. Exposition 60 Sekunden. Darauf beugte der Beobachter sein Gesicht in die Schachtel und fixierte mit geschlossenen Augen das Nachbild. Indem er den Hebel der Blende verschob oder dies durch einen Assistenten tun liess, signalisierte er laut: «Rahmen schwarz, Fenster weis»; «Rahmen weiss, Fenster schwarz»; «Nichts». Der Assistent notierte den Durchmesser der Blende bei diesem Übergangspunkt und die vom Moment des Augenschliessens vergangene Zeit. Der Wert der Lichtintensität, proportional der Grösse der Blendenöffnung, ermöglichte die Konstruktion einer Kurve in der Zeit.

Eine jede neue Methode muss in erster Linie der Anforderung entsprechen, keine schlechteren Resultate zu ergeben, als andere, früher verwendete Methoden. Wie aus der Tabelle und der Kurve auf Abb. 1 zu ersehen ist, entsprechen die Ergebnisse völlig den von Krawkow veröffentlichten.

Verlauf des Abklingens des Nachbilds gemessen und berechnet nach der Lasareff'schen Formel

t — Zeit in Min.	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
J — Helligkeit in relativen Einheiten . . .	1.0	0.75	0.6	0.47	0.35	0.26	0.17	0.11	0.05	0.03	0.02
J_b — berechnet nach der Formel, wo $A=0.01$, $B=0.99$, $\alpha_3=0.6$ . .	1.0	0.74	0.57	0.41	0.30	0.23	0.17	0.13	0.09	0.07	0.06

Abb. 1 zeigt, dass die beobachteten Punkte befriedigend mit der theoretischen Kurve übereinstimmen.

Es muss erwähnt werden, dass in den Verlauf des Abklingens komplizierende Faktoren eingreifen können, besonders an nicht adaptierten Augen. So erscheinen, wenn die Augen ermüdet sind (z. B. bei wiederholter Durchführung des Versuchs), wellenförmige Bewegungen im Verlauf des Abklingens. Hierbei ist die Kurve, wie aus Abb. 2 gut ersichtlich, in mehrere Abschnitte unterteilt, die mit der Zeit eine immer geringer werdende Neigung zur Abszissenachse aufweisen. Nach Lasareffs Vermutung sind diese Wellen der Ausdruck für die Periodizität der Prozesse in den Zellen der Nervenschicht der Retina.

Biophysikalisches Laboratorium.
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Moskau.

Eingegangen
den 6. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] П. П. Лазарев, Изв. Росс. Акад. Наук, 1251 (1918); 1245 (1918).
[2] С. В. Кравков, Изв. Физич. ин-та, вып. 2 (1920); Глаз и его работа (1936).
[3] G. J. Burch, Practical exercises in physiological Optics, 77, Oxford (1912).
[4] H. v. Helmholtz, Handbuch der physiol. Optik, 2, 195, Leipzig u. Hamburg (1911).

Übersetzt von A. Bernfeld.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

CHEMISTRY

SEPARATE PRODUCTION OF GLAUBER'S SALT AND EPSOMITE FROM NATURAL ASTRAKHANITE

By V. I. NIKOLAEV and A. I. KACHALOV

(Communicated by N. S. Kurnakov, Member of the Academy, 12.II.1941)

While studying natural and synthetic brines of the I class with different metamorphization coefficients and a different $NaCl/MgSO_4$ ratio in the solution, the conditions were found for a separate production of Glauber's salt and epsomite from the mineral astrakhanite. From these optimal conditions the following practical directions can be derived for the case of solutions saturated with natural astrakhanite, containing admixtures of NaCl and epsomite $MgSO_4.7$ aq.

1) A solution saturated with astrakhanite at 25° is cooled after settling of slime to zero or —6°. The Glauber's salt precipitated is of high purity (no more than 0.2—0.4% NaCl).

2) After the precipitation of Glauber's salt, natural brine enriched in magnesium chloride is added to the mother liquor enriched with magnesium sulphate. The two brines are mixed in proportions calculated so as to obtain a mixed solution with a metamorphization coefficient approaching 2 units, and a $NaCl/MgSO_4$ ratio in the solution not above one unit. By means of slight evaporation, the mixed solution is brought to a concentration showing a specific gravity = 1.29—1.30, and then cooled down to zero. Epsomite $MgSO_4.7$ aq is precipitated.

3) The second mother liquor (after the separation of epsomite), having a sufficiently high metamorphization coefficient (about 0.8) and a favourable $NaCl/MgSO_4$ ratio in the solution (about 2 units), is brought by evaporation to a specific gravity = 1.28 and cooled down to zero. Glauber's salt is precipitated.

4) The last (third) mother liquor with accumulated magnesium chloride is brought by evaporation to a much higher concentration and is used in a new cycle for epsomite production. Thus, a complete utilization both of the mineral astrakhanite and the natural (or synthetic) brine is achieved.

5) The experimental data and numerical calculations show that from 1 ton of the initial raw material, natural astrakhanite, from 320 to 569 kg of epsomite $MgSO_4.7$ aq and up to 340 kg of sulphate (anhydrous Na_2SO_4) can be obtained.

The above results point to the possibility of obtaining from astrakhanite high yields of sulphate and epsomite, which are at the present time scarce and rather expensive. At the same time, they emphasize the necessity of an urgent utilization of the great natural deposits of the mineral astrakhanite (lake Kuuli, Jaxy-Klych, Chumyshkul, the Astrakhan lakes, etc.); it is a matter for regret that these have still remained unutilized.

Department of Inorganic Chemistry.
Lomonosov State University. Moscow.

Received
12. II. 1941.

Translated by V. Gurian.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICAL CHEMISTRY

DETERMINATION OF THE ISOTOPIC COMPOSITION OF WATERS IN METAMORPHIC ROCKS AND MINERALS

By W. I. VERNADSKY, Member of the Academy, A. P. VINOGRADOV and R. V. TEIS*

1. The isotopic composition of hydrogen or oxygen atoms of «water» in the deep-seated metamorphic (and massive) silicates and alumo-(ferri)-silicates as well as in the corresponding rocks formed in those thermodynamic shells of our planet which are different from the biosphere appears to be liable to change. This was pointed out by one of the present authors (1) in 1934. Although the mechanism of these processes is far from being clear, in any case it is absolutely clear that the physical-chemical processes of their formation are absolutely different from those by way of which the formation of minerals (and rocks) proceeds in the biosphere. It is clear that the «water» of such deep-seated minerals as talcs, the majority of chlorites and serpentines, micas, hornblends etc., is not water within the mineral. In the majority of cases the atoms of hydrogen and oxygen are either not bound with each other, or are united as hydroxyl groups (HO). One can also suppose that less often an atomic complex corresponding to H_2O (water) can be found. But when heated or in the laboratory air medium these minerals always release oxygen and hydrogen in the form of water—H_2O.

One can expect that this water will be of a different isotopic composition compared to the water of the biosphere which up to now has been almost the only one investigated; this can be expected because in the metamorphic mineralogenesis an immense importance have gaseous reactions—various distillations—which proceed on such a scale and under such thermodynamic conditions that are sometimes beyond the possibilities of our laboratory experiment. With this aim in mind, some experiments have been staged at the Biogeochemical Laboratory of the Academy of Sciences, in collaboration with the Isotope Committee, and their first results are reported in this paper.

2. Sea, river, lake and rain waters, as well as waters from ices and snows, do not have the same isotopic composition. The regular fluctuations in the isotopic composition of these waters are reflected in their density which usually varies within the limits of $\pm 5\gamma$, i. e. in the sixth and more often in the seventh decimal figure of the magnitude of their density. Now it becomes clear that changes in density depend not only upon the change in the content of D and H, but on the change in the content of O^{18} and O^{16} (heavy oxygen) as well. Thus for instance, water from snow collected in Bol-

* K. P. Florensky has helped in this study.

shevo on 21. II. 1938 had a density of +1.5 γ (compared to Moscow tap-water). The isotopic composition showed, that the change in density for this water depended on D —6.3γ and on O^{18} +7.8 γ. In another case (residue of thawn snow collected April 24 1939) the water had also a higher density +3.3 γ, but this time it was due to D +2.5 γ and to O^{18} +0.8 γ (2).

It seemed of interest to determine the isotopic composition of rocks and minerals, particularly that of silicates and alumosilicates in which the main mass of terrestrial oxygen is contained. This seemed particularly interesting because the isotopic composition of the oxygen in surface waters and that in the atmosphere is different (3).

As objects for this investigation chlorites, talcs and serpentines of different deposits and different geological age have been used. The genesis of chlorites and of other rocks of metamorphic regions are usually connected with deep-seated aqueous solutions, partly with pneumatolytic processes; from these solutions they separate at a relatively low temperature, but at a high pressure. Chlorites contain 10—12% H_2O and give up constitutional water between 550 and 600°. However, there exist chlorites that give up the last portions of water at a temperature of 1100—1200°. Talcs contain about 4% H_2O and give up the water at 800—1100°. Serpentines contain up to 12% H_2O and give up the main part at 530°.

Water was distilled from the minerals either completely at 1140°, or by fractions, using a quartz tube. Sometimes, when water was distilled from chlorites, an evolution of H_2S and nitrogen oxides took place (a sample of chlorite shale from North Pamir, south slope of Transalay mountain chain, river Jarchuchak). For purification of the distilled water the generally accepted method of Emeléus and others (4) was used (distillation, oxidation with neutral $KMnO_4$, oxidation in a current of oxygen over CuO, oxidation with $KMnO_4$ with a subsequent distillation).

The measurement of the density was carried out using the method of a quartz float with modifications introduced by E. Gilfillan (5), i. e. by determining the floatation pressure at 0° (the temperature of mixture of ice obtained by freezing distilled water, and of distilled water). The floats were calibrated preliminarily using very dilute solutions of potassium chloride of definite concentrations; the density of these solutions (depending on the concentration) was calculated from the formula proposed by Baxter and Wallace (J. Amer. Chem. Soc., 38, 72, 1916) and Root (Thesis, Harvard University, 1932) and given in the paper of Gilfillan cited above. As all floats fail to show a linear relation between the floatation pressure and the density, the float was calibrated within the whole range of densities. The data obtained are given in Table 1.

Table 1

Calibration of the Float against a Potassium Chloride Solution

Density of the KCl solution calculated by using the formula (γ)	Floatation pressure found (mm)	Difference compared to the pressure of the standard (mm)	Change in density per 1 mm of pressure (in a given interval of densities)
0	208.4	0	0.12
2.5	229.2	21.1	
6.7	254.8	46.4	0.14
9.5	271.6	63.3	0.15
14.5	293.7	85.3	0.17

Note. The measurement of the density by this method involved a maximum error of ±0.3 γ.

In order to check whether purification was complete, 3 samples of water from the talc-chlorite of the Segozero deposits (Carelia) were parallelly purified by three methods—according to Emeléus, the same, but with an

alkaline $KMnO_4$ solution and according to A. I. Brodsky with collaborators (6). In all the three samples the density proved to be the same within the limits of experimental error. Purified tap-water was used as a standard. In order to check the reliability of the results obtained in the determination of density, water from the same chlorite was measured repeatedly (Table 2).

Table 2

Determination of the Density of Water of Talc-Chlorite Rocks [pot stone, Segozero deposit, Carelia. Prtz (?). Sample obtained from V. V. Arshinov]

No. of sample	Distillation $t°$ C	Number of determinations	Difference in density	Total difference in density
4	860	4	10.2	
5	500—650	4	11.56	10.2
	650—860	4	9.8	
	860—1140	4	7.65	10.6
6	1140	4	10.6	

For the same purpose the density of water from a talc-clorite shale from the river Inguletz, near the village Skalevatki (the Ukrainian Krivoroje, Pre-Cambrian) was determined using two methods—by measuring the floatation pressure and by measuring the floatation temperature, the determination in the latter case being carried out with a quartz float; the equilibrium point was determined by interpolation. The temperature of the thermostat was regulated to $\pm 0.001°$.

Repeated determinations of the density of water from the following minerals were made (Table 3).

Table 3

Material	Deposit	Age	$t°$ of distillation	Water-content %	Change of density as compared to the standard (γ)
Chlorite (shale)	Kosmodemyansk talc-deposit in Urals (obtained from V. V. Arshinov)	Devonian?	860	—	+ 8.6
Chlorite shales	Southern contact of Chibiny Tundras	Pre-Cambrian	1140	4.1	+14.4*
Chlorite-epidote shale with quartz and insignificant amount of sericite	Kamchatka, Petropavlovsk, mt. Mishennaya (from V. I. Stepanov)	Mesozoic	860	—	+12.0
Talc-chlorite shale (pot stone)	Segozero deposit, Karelia (from V. V. Arshinov)	Prtz?	1140	4.8	+10.6
Talc-chlorite shale	Inguletz river, near the village Skalevatki, Ukrainian Krivoroje (from V. V. Arshinov)	Pre-Cambrian	1140	7.3	+10.7*
Pure talc	Shabrov deposit in Urals (from K. P. Florensky)		1140	3.0	+11.0
Noble pure serpentine	USA, Pennsylvania (from the Karpinsky Mineralogical Museum)		860	11.4	+ 6.1
Serpentine	Bajenov deposit, Urals (from V. V. Arshinov)		860	—	0.0
Ophite	Ditto		860	11.4	+ 0.7

* Evolution of H_2S.

The density of the water obtained from certain serpentines did not differ considerably from the figures obtained by other authors for water from other minerals ([7–10]). The only known measurements of the density of water from alumosilicates carried out by Anderson and others ([11]), namely from muscovite, gave the following figures: +0.8 γ from Tanganeyka and +3.4 γ (from India). Waters from talc-chlorites showed a considerable increase in density up to +14.4 γ. In case of fractional distillation of water from chlorites the density of water in the first fractions (500—600°) was somewhat higher compared to that of the following ones, obtained at a higher temperature (1140°) (Table 2).

Waters from two samples were subjected to a further analysis in order to determine whether the main part of the considerable increase in density was due to oxygen or hydrogen isotopes. For that purpose a combined method consisting in the measurement of the density and in the determination of the refractive index was used. It was first proposed by G. N. Lewis and D. B. Luten ([12]) and was described in detail in the papers of our laboratory ([2]). With this method applied the possible error in the separate determination of the isotopes of hydrogen and oxygen is 1.3—1.4 γ (Table 4).

Table 4

Material	Deposit	Increase in density		
		total Δds (γ)	Fraction of D (γ)	Fraction of O^{18} (γ)
Talc-chlorite rock (pot stone)	Segozero deposit, Karelia	+10.6	−1.2	+11.8
Talc-chlorite shale	River Inguletz near the village Skalevatki, Ukrainian Krivoroje	+10.7	−2.9	+13.6

From Table 4 it may be seen that all the increase in density depends on the isotope O^{18}, and that the content of deuterium is even lower than in standard water.

The work is being continued.

Biogeochemical Laboratory.
Academy of Sciences of the USSR.

Received
3. IV. 1941.

REFERENCES

[1] W. Vernadsky, C. R. Sc. de Paris, **199**, 694 (1934). [2] R. V. Teis and K. P. Florensky, C. R. Acad. Sci. URSS, XXVIII, № 1, 70 (1940). [3] M. Dole, J. Chem. Phys., **4**, 268 (1936); ibid., **4**, 778 (1936). [4] H. Emeléus, J. Chem. Soc., 1207 (1934). [5] E. Gilfillan, J. Amer. Chem. Soc., **56**, 406 (1934). [6] А. И. Бродский, О. Скарре, Е. Донцова, М. Слуцкая, ЖФХ, **10**, 731 (1937). [7] А. П. Виноградов, Соц. реконстр. и наука, № 8 (1935). [8] N. Morita a. T. Titani, Bull. Ch. Soc. Jap., **11**, 403 (1936). [9] E. H. Riesenfeld u. M. Tobiank, Ber., **68**, 1982 (1935). [10] E. H. Riesenfeld u. H. E. Riesenfeld, Ber., **67**, 1659 (1934). [11] Anderson, J. Chem. Soc., 1492 (1937). [12] G. N. Lewis a. D. B. Luten, J. Am. Ch. Soc., **55**, 5061 (1933). [13] Baxter a. Wallace, ibid., **38**, 72 (1916). [14] Root, Thesis, Harvard University (1932).

Translated by A. Platé.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICAL CHEMISTRY

QUANTITATIVE ANALYSIS OF NATURAL SALTS BY THE THERMOGRAPHIC METHOD

By L. G. BERG, I. N. LEPESHKOV and N. V. BODALEVA

(Communicated by N. S. Kurnakov, Member of the Academy, 8.I.1941)

The thermographic method (heating curves) is being widely used at present in characterizing natural salts and their mixtures qualitatively. From thermal effects (dehydration, transformation, decomposition, melting, etc.) one is able to determine the mineral composition of natural samples. It may be remarked here that the mineral composition of natural salts cannot always be determined by chemical analysis, especially if the rock samples present a complex mixture and contain e. g. polygalite ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$), kieserite ($MgSO_4 \cdot H_2O$), gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), glauberite ($Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$), anhydrite ($CaSO_4$) or certain other salts.

In the region of the Second Baku the thermographic method is being introduced into the practice of drilling for characterizing the deposits and recording the production of wells.

We set ourselves the task of exploring the possibilities of a quantitative estimation of salts by the method of heating curves. For that purpose synthetic mixtures of polygalite with common salt were prepared, and gypsum was used as a standard for comparison.

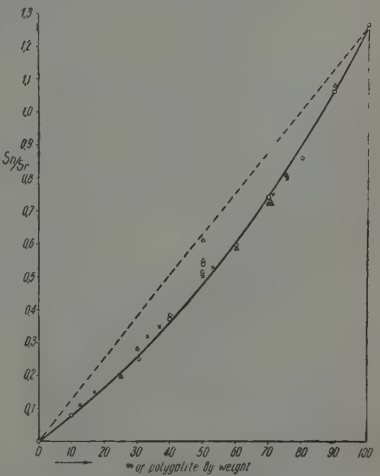


Fig. 1. Symbols: ○—polygalite+gypsum+NaCl; △—polygalite+gypsum+Al_2O_3; ×—natural polygalite+gypsum.

As polygalite has only one endothermal effect at 310° C, it was necessary that the substance used as a standard of comparison should have an endothermal effect at a lower temperature. In a pure state the polygalite melts at 875° C, while in a mixture with other salts the melting point may be considerably lower. Some risk therefore was involved in using a standard whose endothermal effect would be higher than 310° C, and so we used gypsum which was known to lose its water in an interval from 110—180° C.

In order to find out how the magnitude of the effects observed was affected by the composition of the sample, we prepared a series of synthetic mixtures of polygalite (from the deposit Stebnik, Western Ukraine, with only 0.62% NaCl), gypsum and alumina or NaCl. The amount of gypsum was invariably 1 g, but the amounts of polygalite and Al_2O_3 were varied, so as to make their sum equal to 3 g.

Table 1

Composition of the mixture			S of polygalite	S of gypsum	S_p/S_g
Polygalite, %	NaCl, %	Gypsum, %			
100	0	1	12.6	10.1	1.25
90	10	1	15.2	14.4	1.06
80	20	1	10.3	12.0	0.86
70	30	1	13.1	17.7	0.74
60	40	1	8.8	14.6	0.60
50	50	1	10.2	19.0	0.54
50	50	1	6.2	12.2	0.51
40	60	1	6.3	16.5	0.38
40	60	1	6.7	18.3	0.37
30	70	1	4.8	19.3	0.25
10	90	1	1.7	20.8	0.08

The results obtained were plotted, the per cent of polygalite being marked off along the axis of abscissae, and the ratio of the polygalite area to the gypsum area, along the axis of ordinates. By the respective areas are meant those formed by the departure of the differential record from its direction in the absence of any effect. Theoretical calculations show that there should be a linear dependence between the ratio of the areas and the per cent of polygalite. Accordingly, the ratio of polygalite area to gypsum area is

$$S_p/S_g = k\frac{0.75\,x}{0.25} = Kx.$$

In our experiment the synthetic mixtures contained from 10 to 90% by weight of polygalite. The ratios of the areas obtained are plotted along the axis of ordinates, while along the axis of abscissae are plotted the amounts of polygalite in per cent (by weight). The results are summarized in Table 1 and in the graph (Fig. 1).

Table 2

Composition of the mixture			S of polygalite	S of gypsum	S_p/S_g
Polygalite, %	Al_2O_3, %	Gypsum, g			
100	—	1	13.2	10.4	1.26
90	10	1	12.5	11.6	1.08
75	25	1	9.6	11.9	0.81
70	30	1	9.9	13.4	0.73
50	50	1	10.8	18.1	0.59
50	50	1	9.5	17.4	0.55
30	70	1	5.4	19.1	0.28
25	75	1	2.9	14.3	0.20
1.5	—	1	8.5	14.0	0.61

As is obvious from the graph, the relation between the ratio of areas and the content of polygalite is not a straight line. Furthermore, the gypsum which served for standard and gave one effect in the interval between 140 and 180° C, when heated in a pure state, showed, as a rule, two effects: one at 115—120° C (Fig. 2), another at 180° C, when mixed with polygalite and common salt. Sometimes there was also a third effect (Fig. 3). For that reason it was supposed that the duplication of the effect and the deviation from the straight line was due to the presence of NaCl in the mixture. In order to verify this assumption, we used mixtures of polygalite and gypsum with no addition of NaCl and mixtures containing 25, 50 and 75% of polygalite, where NaCl was substituted with Al_2O_3 (Fig. 1, Table 2).

When these data were plotted, it was found that hte mixture of polygalite and gypsum fitted on to the straight line connecting the 100% and 0% com-

positions; the remaining points came to lie on the curve obtained, or else between it and the straight line. These results may be due to the fact that the polygalite itself was not altogether free from NaCl, and the presence of the latter still affected the results obtained. This seem also to account for the appearance of two or even three effects on the heating curves for gypsum in all cases of synthetic mixtures with common salt. The reason is not clear as yet, but on the natural samples of gypsum it has been established that the thermal effect of dehydration is doubled, if there is a mixture of NaCl in the gypsum. It will be obvious that gypsum when heated is definitely under the influence of NaCl.

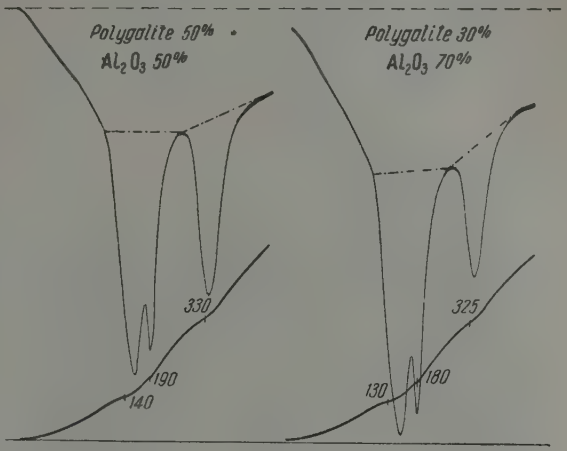


Fig. 2.

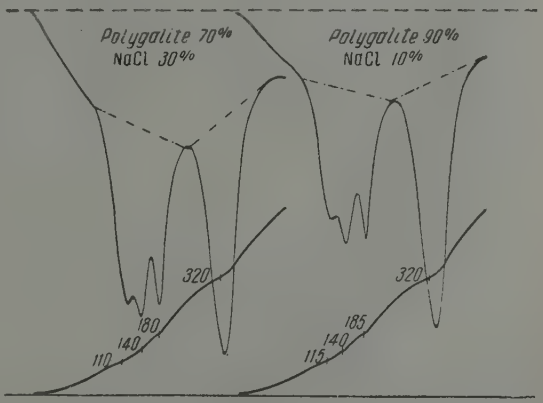


Fig. 3.

However, this does not prevent the use of gypsum as a standard in quantitative estimation of polygalite, the more so as natural polygalite always contains an admixture of NaCl. How much it contains of it, is of no importance, as our experiments with Al_2O_3 have shown.

To check the validity of the curve for quantitative estimations of polygalite, we plotted heating curves for different samples of natural polygalite. These samples varied greatly in the content of polygalite (from 10 to 90%). In Table 3 are shown the results of these tests; in Fig. 1 they are marked out with crosses.

The data obtained are quite satisfactory, the error not exceeding +2—4%, except in two tests. Sample 61 deserves special notice; its content of polygalite, as determined by chemical analysis, gave 89.65% when calculated for K; when calculated for SO_4, its content of polygalite was found to be 85.8%. The discrepancy between these two values is not very considerable, but the amount of water in this sample does not correspond to such an amount of polygalite. If the content of this salt is calculated from the content of water, the value is only 79.0%. This time the agreement with the data of the thermographic analysis (75.5%) is a good one. On the curve the endothermal effect

Table 3

Nos. of samples	% of polygalite by weight	S of polygalite	S of gypsum	S_p/S_g	The estimated composition in % by weight	Error in abs. %
28	11.15	2.4	21.5	0.11	12.5	+1.4
64	18.34	1.2	7.9	0.15	17.0	−1.3
4	29.9	2.8	8.0	0.35	36.5	+6.6
19	31.3	5.6	17.6	0.32	33.5	+2.2
10	48.4	8.2	16.5	0.50	50.0	+1.6
41	57.0	4.5	8.5	0.53	53.0	−4.0
33	70.0	9.5	12.7	0.75	71.0	+1.0
43	77.5	7.2	9.8	0.73	70.0	−7.5
61	79.0	20.4	25.4	0.80	75.5	−3.5

of polygalite corresponds to the dehydration of the salt. Naturally enough, the most correct way of checking the thermographic method by the data of chemical analysis is to calculate the amounts of water. If, however, the salt mixture contains epsomite, gypsum or some other hydrate, no adequate chemical estimation of polygalite by the water is possible, either. In view of this the thermography is of special value both for correct estimation of the composition of complex natural mineral and salt mixtures, and for improving the data obtained by chemical analysis.

Conclusions. 1) Quantitative estimation of polygalite in the rock is quite possible by the thermographic method. The procedure does not take more than 3 hours. 2) The method can also be applied to polygalite mixtures with langbeinite, kieserite, gypsum and others, when the use of chemical analysis is not always possible. 3) As a standard of comparison gypsum can be used which shows no endothermal effects above 200° C. 4) In the case of a gypsum containing rock preliminary drying at 150—180° C is necessary; after that, gypsum used as a standard is added and heating is started. 5) The accuracy of the thermographic analysis can now be put at $\pm$ 3.4%.

Received
3. II. 1941.

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSIKALISCHE CHEMIE

DIE KRISTALLISATION DES BLEISULFATS UND DIE DICKE DER PASSIVIERENDEN SCHICHT AUF BLEI

Von B. N. KABANOV

(Vorgelegt von A. N. Frumkin, Mitglied der Akademie, den 3.III.1941)

Von grosser Bedeutung für die Theorie des passiven Zustandes sind die Fragen: wodurch wird die Dicke des passivierenden Salzfilms bestimmt und welcher Art ist der Mechanismus seiner Entstehung? In der Literatur [1] ist eine empirische Gleichung angegeben, laut welcher die Dicke der Salzschicht auf einigen Metallen von der Stromdichte abhängt. Zur Erklärung dieser Abhängigkeit nimmt man an, dass die Schichtdicke durch die Anzahl der Kristallkeime bestimmt wird, welche von der Stromdichte abhängt. Dies wurde aber in bezug auf Blei durch unsere Versuche (s. weiter) nicht bestätigt.

Um einer Antwort auf diese Frage näher zu kommen, haben wir die Dicke der passivierenden Salzschicht auf Blei bestimmt, d. h. die Elektrizitätsmenge, welche erforderlich ist, um eine vorher reduzierte Bleielektrode in Schwefelsäurelösung zu passivieren, und zwar in Abhängigkeit von der Stromdichte, Temperatur und Konzentration der Schwefelsäure und von der Anwesenheit von organischen Verbindungen. Ein Coulomb elektrischer Energie pro 1 cm^2 glatter Bleioberfläche ist einer passivierenden Bleisulfatschicht von 2.5 μ (im Mittel) äquivalent. Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit der Schichtdicke (in Coulombs) von der Säurekonzentration bei einer Stromdichte von 7.4×10^{-5} A/cm^2 der glatten Oberfläche.

Die beträchtliche Dicke der passivierenden Salzschicht weist darauf hin, dass die Kristallisation des Salzes nicht momentan erfolgt: im entgegengesetzten Falle würde sich die Elektrodenoberfläche infolge der geringen Löslichkeit des Salzes mit einer äusserst dünnen porenfreien Salzschicht bedecken. Bei der Entstehung des Salzes muss die Verlangsamung der Kristallbildung eine Konzentrationserhöhung des Bleisulfats im Vergleich mit der Gleichgewichtskonzentration hervorrufen. In der Tat beobachtet man zu Beginn der anodischen Polarisation einer reinen Bleielektrode einen scharfen Anstieg des Elektrodenpotentials (Abb. 2), so dass dieses unter gewissen Bedingungen das Potential der reversiblen Elektrode um 40 mV und sogar mehr überschreitet. Diese Erscheinung lässt sich dadurch erklären, dass die Bleisulfatlösung um einige Zehner Mal übersättigt ist.

Wenn einige Hundertstel Coulomb elektrischer Energie die Elektrode durchfliessen, so sinkt das Potential allmählich um 2—5 mV; es bleibt aber immer höher, als das reversible, und zwar um so mehr, je grösser die

Stromdichte. Dies lässt sich dadurch erklären, dass nicht nur die Entstehung der Kristallkeime, sondern auch ihr Wachstum sich als verlangsamt erweisen. Dazu ist bei einer Stromdichte von 10^{-5} bis 10^{-3} A/cm² * eine Übersättigung der Lösung um etwa 2—10 Mal erforderlich. Die Abhängigkeit des Potentials von der Stromdichte ist in diesem Intervall logarithmischer Art.

Die Dicke der passivierenden Salzschicht wächst mit der Verminderung der Stromdichte; ihre Abhängigkeit von der letzteren gehorcht der (aus der Akkumulatorenpraxis bekannten) Gleichung Peukert's: $I^n \tau = \text{const}$, wo I die Stromstärke bedeutet, τ—die Dauer der Elektrodenentladung (Passivierung), n—eine Konstante, deren Grösse für glattes Blei (gemäss unseren Versuchen) in den Grenzen 1.1 bis 1.5 mit der Konzentration der Lösung ansteigt.

Somit haben unsere Versuche ergeben, dass bei Erhöhung der Stromdichte einerseits sich die Dicke der Salzschicht vermindert, und andererseits die

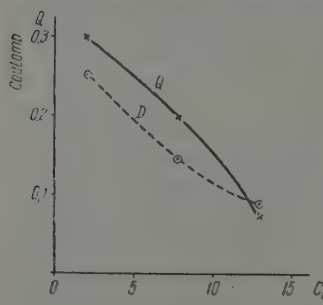


Abb. 1. Die Schichtdicke Q in Coulomb und der Diffusionskoeffizient D des Salzes in Abhängigkeit von der Schwefelsäurekonzentration bei einer Stromdichte von 7.4×10^{-5} A/cm².

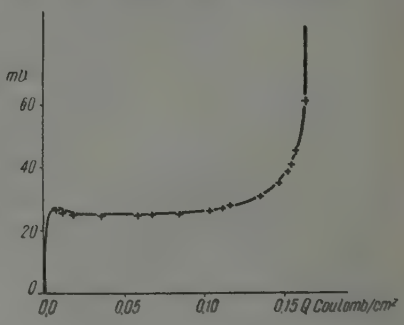


Abb. 2. Stromdichte—1.5×10^{-4} A/cm². Glatte Elektrode.

Übersättigung der Lösung an Bleisulfat wächst. Es kann angenommen werden, dass dieses Anwachsen, das zur Beschleunigung der Salzkristallisation notwendig ist, eben die Verminderung der Schichtdicke bedingt.

Man könnte versuchen, den Einfluss der Stromdichte (Übersättigung) auf die Dicke der passivierenden Schicht durch den Verlauf der Kristallisation in ihrem Anfangsstadium zu erklären, in welchem die Salzkristallkeime auf der Metalloberfläche entstehen. Die weiteren Versuche beweisen aber, dass dies nicht zutreffend ist. Die anodische Oxydation der Bleielektroden wurde anfangs bei einer Stromdichte ausgeführt und im weiteren—bei einer anderen. Z. B. liess man 5% der gesamten, zur vollständigen Oxydation erforderlichen Elektrizitätsmenge bei einer grösseren Stromdichte die Elektrode durchfliessen, als die übrige Menge; oder aber in einer anderen Versuchsreihe wurden umgekehrt, anfangs 95% bei geringer Stromdichte, dann die restlichen 5% bei einer grösseren durchgelassen. In beiden Fällen erhielten wir praktisch Schichten von der gleichen Dicke (Abb. 3). Wäre die Dicke der passivierenden Bleisulfatschicht durch die Anzahl der Kristallisationszentren bestimmt, welche sich im ersten Augenblick bei der Oxydation der Bleielektrode bilden, so müssten beide Versuchsreihen äusserst verschiedene Resultate ergeben; da solches in der Tat nicht zutrifft, so muss

* In diesem Intervall der Stromdichte ist die Überspannung bei der Bleiionisierung nur gering, und wird das Elektrodenpotential durch die Konzentration seiner Ionen bestimmt.

daraus geschlossen werden, dass die Schichtdicke durch die Übersättigung während des gesamten Kristallisationsvorgangs bestimmt wird.

Damit die Dicke der Salzschicht anwachsen kann, müssen die von der Elektrodenoberfläche abgelegenen Teile der Kristalle wachsen und muss zu ihnen hin das Salz diffundieren, welches sich bei anodischer Polarisation auf der Metalloberfläche bildet. Es steht daher zu erwarten, dass eine Erhöhung der Zähigkeit der Lösung das Anwachsen der Schicht in der Dickenrichtung erschweren wird. In der Tat verringert sich die Schichtdicke bei einer Erhöhung der Säurekonzentration entsprechend dem Diffusionskoeffizienten D des Salzes, welcher auf Grund der Zähigkeit der Lösung berechnet wird (Abb. 1). Ausserdem steigt mit der Verminderung der Säurekonzentration die Löslichkeit des Bleisulfats an. Je kleiner die letztere ist, um so schwieriger verläuft die Diffusion und somit auch das Anwachsen der Schichtdicke (bei der gleichen Übersättigung). Unsere Versuche haben gezeigt, dass die Dicke der passivierenden Schicht in 40%-gem Äthylalkohol bei der gleichen Säurekonzentration 4—6 Mal geringer ist, als in der wässerigen Säurelösung. Wie bekannt [2], fällt die Löslichkeit des Bleisulfats sehr bedeutend, wenn zu dieser Lösung Äthylalkohol gegeben wird.

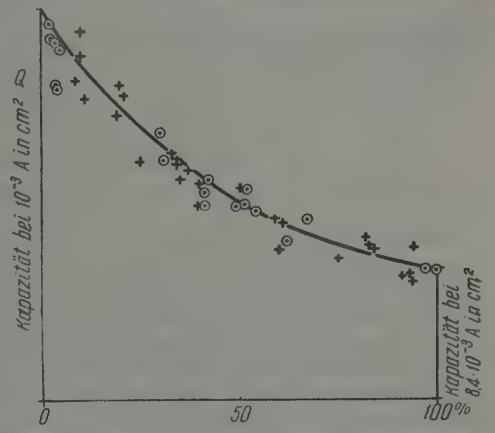


Abb. 3. Kapazität bei 10^{-3} A/cm². Entladung beginnend bei einer scheinbaren Oberfläche: + von 10^{-3} A/cm², ⊙ von 8.4×10^{-3} A/cm².

In der Literatur sind nur wenige sichere Angaben über die Abhängigkeit der Kristallisationsgeschwindigkeit von der Übersättigung zu finden. Für die Kristallisation einer Reihe von Salzen hat Marc [3] gefunden, dass die lineare Kristallisationsgeschwindigkeit dem Quadrat der Übersättigung proportional ist. Es kann angenommen werden, dass im Falle der Bleisulfatkristalle die lineare Geschwindigkeit W_1 des Kristallwachstums dem Grade der Übersättigung in Potenz m, die grösser als 1 ist, proportional ist: $W_1 = k_1 \left(\frac{c_1}{c_0}\right)^m$. Man kann ferner behaupten, dass die Dicke Q der Salzschicht, welche die Bleielektrode gänzlich bedeckt (die Dicke der passivierenden Schicht) mit dem Anwachsen des Verhältnisses zwischen den linearen Geschwindigkeiten des Salzkristallwachstums in zwei Richtungen monoton wächst: senkrecht Elektrodenoberfläche (Geschwindigkeit W_2) und ihr parallel (Geschwindigkeit W_1)

$$\frac{W_2}{W_1} = f(Q),$$

wo f eine ansteigende Funktion bezeichnet. Das senkrecht zur Metalloberfläche gerichtete Wachstum der von dieser Oberfläche ferner liegenden Kristallflächen ist durch die Diffusion gesichert

$$W_2 = Dq\frac{c_1 - c_2}{p},$$

wo D der Diffusionskoeffizient ist, q — eine Funktion der freien Elektrodenoberfläche, c_1 und c_2 — die Salzkonzentration an der Bleioberfläche bzw. an

der ferner liegenden Kristallfläche, p — die mittlere Entfernung zwischen der Elektrodenoberfläche und dem wachsenden entlegenen Kristallteile in einem bestimmten Moment, welcher von der wachsenden Schichtdicke funktionell abhängt: $p = \psi(Q)$. Für einen gewissen Moment des Kristallisationsvorgangs, z. B. sobald die Hälfte der Oberfläche mit dem Salze bedeckt ist, kann man $q = \text{const}$ setzen; ausserdem kann man annehmen, dass c_2 einen nur geringen Teil von c_1 ausmacht. Dann ist

$$c_1 - c_2 \approx c_1 - \alpha c_1 = k' c_1; \quad W_2 = k \frac{Dc_1}{\psi(Q)};$$

$$\frac{W_2}{W_1} = f(Q) = \frac{kDc_0^n}{\psi(Q)\, k_1 c_1^{n-1}}. \qquad (1)$$

Nach unseren Beobachtungen ruft der Stromdurchgang in dem Intervall zwischen 10^{-5} und 10^{-3} A/cm² eine Potentialänderung hervor, welche der Änderung der Salzkonzentration an der Elektrode entspricht:

$$E = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln I^{0.6}.$$

Ein Vergleich unserer Daten mit den Nernst'schen ergibt folgende Beziehung: $k'' \cdot \frac{c_1}{c_0} = I^{0.6}$. Folglich ist bei einer unveränderlichen Gleichgewichtskonzentration des Salzes in der Lösung $f(Q) \cdot \psi(Q) = \frac{k_2}{I^n}$.

Dies besagt, dass die Dicke der passivierenden Salzschicht auf dem Metalle eine absteigende Funktion der Stromdichte ist. Auf empirischem Wege ist diese Beziehung bereits lange ermittelt und hat ihren Ausdruck in der Formel von Peukert gefunden: $QI^n = \text{const}$.

Wie bereits erwähnt, gehorcht das Benehmen der glatten Bleielektrode dieser Gleichung, wobei der Exponent n für eine 8 N H_2SO_4-Lösung von der Grössenordnung 1.2 und für eine 13 N Lösung von der Ordnung 1.5 ist. Im Einklang mit unserem qualitativen Ausdruck (1) für die Schichtdicke steht auch die Tatsache, dass die Dicke der passivierenden Schicht bei Anwesenheit des Farbstoffs Methylviolett (0.01%) 2.5 Mal grösser ist. Kolthoff [4] hat gezeigt, dass einige Farbstoffe, indem sie an der Oberfläche adsorbiert werden, die Geschwindigkeitskonstante k_1 der Auflösung und Kristallisation des Bleisulfats verringern. Zum Schluss erwähnen wir noch, dass der von uns ermittelte Anstieg von Q bei Temperaturerhöhung anscheinend mit dem dabei erfolgenden Anwachsen von D und c_0 verbunden ist.

Auf der heutigen Stufe unserer Untersuchung, die einstweilen als vorläufige betrachtet werden darf, ist es noch schwierig, den Einfluss der einzelnen Faktoren auseinander zu halten. Im weiteren beabsichtigen wir die Passivierung des Bleis mehr quantitativ zu erfassen und auch andere Metalle zu untersuchen; es wäre z. B. von Interesse von unserem Standpunkte aus für die von Kurtz [5] beobachtete geringe Dicke der $PbCl_2$-Schicht auf Blei eine Erklärung zu suchen.

Wir drücken dem Akademiker A. N. Frumkin unseren tiefgefühlten Dank aus für die unserer Untersuchung stets erwiesene Aufmerksamkeit. Wir sind auch M. Perewedentzewa für ihre Mitarbeit an dem experimentellen Teil dieser Arbeit zu Dank verpflichtet.

Kolloid-Elektrochemisches Institut.
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Eingegangen
den 5. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] W. Müller, Koll. Zt., **86**, 151 (1939); Die Bedeckungstheorie der Passivität der Metalle (1933). [2] Denham, J. Chem. Soc., **115**, 112 (1919). [3] Marc, ZS. phys. Chem., **67**, 470 (1909). [4] Kolthoff, J. Am. Chem. Soc., **55**, 2664 (1933); **56**, 832 (1934). [5] Kurtz, Zur Frage der anodischen Passivität der Metalle (1936) (russ.).

Übersetzt von A. Thal.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICAL CHEMISTRY

ON KINETICS OF THE RECRYSTALLIZATION PROCESS

By K. S. LJALIKOV

(Communicated by A. N. Terenin, Member of the Academy, 12.III.1941)

A polydisperse system, consisting of crystals of a sparingly soluble substance in a saturated solution of this substance, is liable in the course of time to recrystallization, accompanied with a decrease of the degree of dispersness.

The kinetics of the recrystallization process (the Ostwald ripening) has been but little studied, although it is of direct interest for various technical processes, the technology of production of photographic emulsion being one of them. A thorough knowledge of the regularities controlling the course of the recrystallization process is also necessary for working out a consistent theory of formation of a new phase. At the present time the majority of investigators who work on this line center their studies, which are largely of a theoretical character, upon the first moment of formation of a new phase, assuming that the discharged substance undergoes no further changes. This assumption may hardly be justified since it is just in the first moment, when the forming substance is highly dispersed, that the recrystallization goes on with a great speed. Therefore, the experimentally observed result would always be due to the superposition of formation and recrystallization processes. Recondensation should accordingly be taken into account in the case of formation of a liquid phase. Along with recrystallization there may take place other processes, altering the precipitate, such as gradation into more stable crystalline forms, overgrowth of fissures, etc., which, like the recrystallization, reduce the bounding surface. All these phenomena are often referred to as the phenomena of «ageing» of the precipitate. In this connexion it should be pointed out, that the absence of strict differentiation between the various causes of ageing hinders the study of this process, and makes various authors arrive at conflicting conclusions. Thus, Kolthoff (1), for instance, believes the Ostwald ripening to be of subordinate significance in the ageing of silver halides, whereas Jabloczynski (2), who investigated the same substances, ascribes all the changes to a decrease in the number of particles. The last named author was perhaps the first to apply Smoluchovsky's equation to the rate of change of the number of particles on recrystallization, termed by him «the coagulation of colloids of the second order». Smoluchovsky's equation has been deduced for a decrease in the number of particles on coagulation:

$$n = \frac{n_0}{1 + Kn_0 t}$$

where n is the number of particles at the moment t; n_0 is the number of particles at $t=0$, and K is the constant.

Jabloczynski determined the number of particles by an indirect method based on measuring the change of the absorption coefficient; Rayleigh's formula was assumed to be valid in the case of investigated systems (AgBr and AgCl sols). Besides it, the experimental conditions gave us sufficient guarantee that the recrystallization was not accompanied with coagulation. Therefore it was of interest to check up the applicability of Smoluchovsky's equation to recrystallization under the conditions of eliminating coagulation, and to count directly the number of crystals. A material satisfying these conditions was furnished by four series of ammonia photographic emulsions ([3]) investigated in our laboratory; in these series the recrystallization of silver bromide was observed for various solubilities of the halide. The elucidation of regularities controlling the rate of change of the number of particles and, consequently, their average size in photographic emulsions, presents great interest for the photochemical technology, since most of the properties of a photographic emulsion may be associated with the average size of a silver bromide crystal in the emulsion.

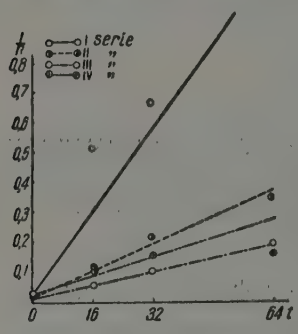


Fig. 1.

The solubility of silver bromide in emulsions was determined by the presence of one mol of ammonia and different concentrations of potassium bromide present during the process of ripening. Below are given data on the conditions of emulsion ripening. The solubility of silver bromide (third column) represents the total amount of silver bromide in the solution, present in the form of both simple and complex ions (Table 1).

Table 1

Series	Concentration of KBr	Solubility of AgBr
I	0.01	0.00230
II	0.1	0.00054
III	0.4	0.00046
IV	1.326	0.00236

Table 2

t	Number of crystals n			
	I series	II series	III series	IV series
0	35.7	60.6	92.8	38.4
16	1.96	9.95	17.9	8.8
32	1.58	4.94	10.0	6.54
64	1.25	2.92	5.27	6.13

The temperature of ripening was 35° C. All the solutions contained 1% of gelatine.

The total number of silver bromide crystals changed in the course of time in the following way (Table 2).

The number of crystals is given for the area of the plate equal to 1 cm².

It is obvious that Smoluchovsky's equation may be rewritten as

$$\frac{1}{n}=\frac{1}{n_0}+Kt.$$

Therefore if the equation is applicable, the reciprocal value of the number of crystals in the emulsion would change linearly with the time t. In Fig. 1 are therefore plotted values of $1/n$ for various periods of ripening.

The points satisfactorily fall on straight lines, the slope of which shows in the first three series a regular decline, while in the fourth series there is observed a tendency of a new increase of K. The discordance of K in the I and IV, as well as in II and III series, notwithstanding a nearly equal solubility in these pairs of series, should be ascribed to the presence of different quantities of complex compounds, which determine the solubility of AgBr. In the first series the solubility of AgBr is determined essentially by the complex cation $Ag(NH_3)_2^+$, in other series by the presence of complex anions $AgBr_n^{-(n-1)}$. Since in the case of bromide being present in excess, the silver bromide crystals are charged negatively, it is to be expected that the motion of anions toward a growing surface would be somewhat hindered. Therefore the solubility that has been increased owing to the formation of a complex anion would affect the rate of recrystallization to a smaller extent.

Institute of Motion Picture Engineers.
Leningrad.

Received
12. II. 1941.

REFERENCES

[1] I. M. Kolthoff, Jrln. Amer. Chem. Soc., 59, 1215, 2029 (1937). [2] C. K. Jabloczynski and M-elle H. H. Jaszczolt, Bull. Soc. Chim. de France, 45 (1929). [3] Ляликов и Пискунова, Фотокинотехника, № 2 (1941).

Translated by P. Rappoport.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PHYSICAL CHEMISTRY

STUDY OF THE «DISJOINING ACTION» UNDER CONDITIONS OF THE SORPTION OF WATER VAPOURS

By M. V. TSCHAPEK

(Communicated by A. N. Frumkin, Member of the Academy, 6. III. 1941)

The expression «disjoining action» has first been introduced in colloid chemistry by Derjaguin ([1–7]) to describe the process by which dispersed particles are brought out of mutual contact by the dispersion medium. The importance of this phenomenon is exceptionally great both in theoretical and in applied colloid chemistry. One can definitely affirm that many modern problems of colloid chemistry can be solved correctly only on the base of a knowledge of the conditions of the disjoining action. Such important phenomena in colloid chemistry as coagulation, gelatinization, tixotropy, peptization, etc., depending actually on the character of the interaction of particles with each other, can be studied only by means of an investigation of the disjoining action phenomenon.

The merit in the development of a series of original methods for the investigation of thin water layers inserted between two smooth surfaces belongs to Derjaguin. Ten years ago for the first time he succeeded in measuring the elastic properties of thin water layers. Later Derjaguin, in collaboration with Obuchov ([2]) and Kussakov ([6]) devised methods for the determination of the thickness of the disjoining layers as a function of pressure.

It is much more complicated to devise methods for the investigation of the thickness of a water layer inserted between dispersed particles than of one inserted between smooth macroscopic surfaces. More complicated, because in this case one has to overcome many difficulties when staging the experiment: the influence of the rearrangement of the particles in the dispersed system; the influence of «jammed» air that always remains in the dispersed system when the latter is wetted with water, etc. But at the same time for modeling the disjoining action of colloidal particles, experiments with macroscopic smooth surfaces are of smaller interest compared to experiments on microscopic particles. It can easily be shown that under the influence of a negative capillary pressure (in case of an incomplete saturation of the dispersed system with water), as well as under the influence of gravity, thin layers can undergo deformation and even break. One need only to suppose the area of the contacts to have a value of the order of 10^{-8} cm^2 (this being quite a real magnitude).

In the present paper the results of a study of the disjoining action under conditions of the sorption of water vapours are summed up. Naturally enough, the conditions of the disjoining action are different in the vapour phase

and in liquids, first of all because in the vapour phase the Laplace negative capillary pressure can have a considerable influence upon the thickness of the layer. Nevertheless these experiments can give an idea of the character of the contact of the particles in liquids as well.

The swelling of dispersed substances in the case of the sorption of vapours was first observed by Mechan ([8]). Later this phenomenon was investigated by McBain ([9]), Bangham ([10]) and Tschapek ([11]). Some of the authors saw in it a fact contradicting the theory of capillary condensation. However, if one takes into consideration the existence of the disjoining action, capillary condensation can prove to be compatible with swelling. The existence of similar cases (with a low relative vapour pressure) was proved mathema-

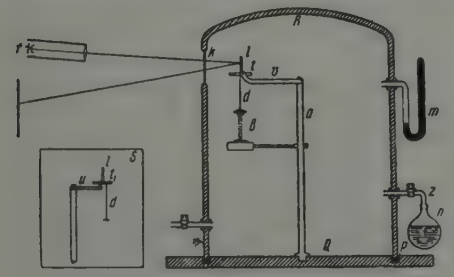


Fig. 1.

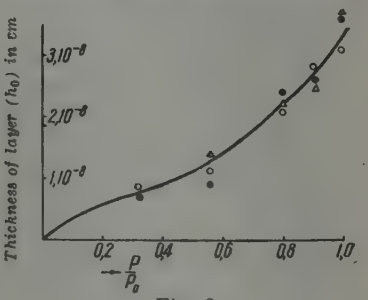


Fig. 2.

tically by Derjaguin ([7]). If in fact one admits that swelling takes place as a result of the disjoining action of particles in places of contact with sorbed water, all contradiction between swelling and the theory of capillary condensation is removed.

Dispersed quartz sand and kaolin were treated with hydrochloric acid and then washed with distilled water. From these samples more or less monodispersed suspensions were obtained by elutriation. The average diameter of the particles of quartz sand was 5 microns; among the kaolin samples one had the average diameter of particles equal to 0.7 microns, another to 0.5 microns. It should be mentioned here that in order to investigate the disjoining action, the objects for investigation should not undergo intercrystalline swelling. Such objects are quartz sand, kaolin and some other minerals. In order to exclude the possible influence of colloids adsorbed by these dispersed colloid systems, dispersed quartz sand was ignited at 1000°C*. The agreement between data obtained with sand and that obtained with kaolin make it possible to suppose that the colloids adsorbed upon these dispersed systems have no marked influence upon their swelling in the vapour phase.

After evaporation, cylinders were prepared from these substances; in case of kaolin their length was 2 cm and their diameter 1 mm; and in case of sand their length was 5 cm and their diameter 5 mm. In order to avoid deformations, to the ends of these columns metallic plates were fastened by means of the Mendeleyev plaster. Their swelling (and accordingly the disjoining action) were determined at different relative vapour pressures.

The investigation was carried out by means of the apparatus given in Fig. 1. The swelling of the cylinders, i. e. their increase in length was transmitted through the vertical pin d and the plate t with a mirror l.

---

* Kaolin cannot be subjected to such a temperature, as its crystalline structure is destroyed already at 500° C.

The opening *k* directed the beam of light on to the mirror to produce a reflection on a screen. The sorption of vapours and the measurements were carried out in vacuo ($\approx$0.01 mm *h* Hg). The difference in relative vapour pressures was achieved by placing in flask *n* saturated solutions of electrolytes. The degree of precision of the apparatus was 0.07 microns. Results of these measurements are expressed graphically in Fig. 2.

From the data obtained it may be seen that even in the vapour phase the dispersed particles come in contact not directly, but through the sorbed vapour, thus being separated from each other by layers of the adsorbed substance. Of particular interest is the fact that the disjoining action takes place as well at such a relative vapour pressure, when capillary condensation is but little probable (0.32, 0.55). It is difficult as yet to define the mechanism of this phenomenon. One can suppose that in this case the disjoining action is brought about by adsorbed vapour that diffuses along the surface of the adsorbent. As is well known, the diffusion of the adsorbed substance along the surface has been supported by the studies of Volmer ([12]), but whatever may be the mechanism of this phenomenon, the fact by itself of the disjoining action of adsorption layers raises no doubts, for testing the tensile strength of these cylinders has shown that the cohesive force between the particles at such relative vapour pressures decreases considerably.

On the subject of the relative thickness of the disjoining layers, it is necessary to say that the figures are probably somewhat too low, owing to the deformation of the contacts under the influence of negative pressure. However, there is no doubt that the disjoining action under conditions of the sorption of vapours is brought about by adsorption layers, and that thick solvated layers, as it has been previously supposed by Derjaguin, are probably broken through under the influence of the Laplace negative capillary pressure.

Institute for Agriculture.
Dniepropetrovsk.

Received
7. III. 1941.

REFERENCES

[1] Б. Дерягин, ЖФХ, **3**, 29 (1932); **6**, 1306 (1935). [2] Б. Дерягин и Е. Обухов, Колл. журн., **1**, 385 (1935); Acta Physicochimica URSS, **5**, 1 (1936). [3] B. Derjaguin, M. Kussakov and L. Lebedeva, C. R. Acad. Sci. URSS, XXIII, 670 (1939). [4] Б. Дерягин, Изв. сект. ФХА, **9**, 55 (1937). [5] B. Derjaguin, Bull. Acad. Sci. URSS, série techn., No. 5, 853 (1937). [6] B. Derjaguin and M. Kussakov, ibid., sér. chim., No. 5, 1119 (1937); Acta Physicochim., **10**, 25 (1939); **10**, 153 (1939). [7] B. Derjaguin, Acta Physicochim. URSS, **12**, 182 (1940); ЖФХ, **14**, 137 (1940). [8] Mechan, Proc. Roy. Soc., A, **115**, 199 (1927). [9] J. W. McBain, The Sorption of Gases and Vapours by Solids, London (1932). [10] Bangham and Farhary, Proc. Roy. Soc., A, **130**, 31 (1930); **138**, 162 (1932). [11] M. Tschapek and P. Jouravel, Acta Physicochim. URSS, **10**, 867 (1939). [12] M. Volmer und Adhikari, ZS. f. Physik, **35**, 170 (1925); **39**, 46 (1926).

Translated by A. Platé.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GEOCHEMISTRY

COBALT IN MINE WATERS

By I. P. NOVOKHATSKY and S. K. KALININ

(Communicated by A. E. Fersman, Member of the Academy, 17.III.1941)

The cobalt content in surface waters is of considerable interest because of the process of cobalt concentration which takes place in the zone of hypergenesis, largely in the form of compounds with manganese, of the asbolane type, less frequently with copper in the form of cupriferous vads (lampadites) and of some other compounds difficult to determine. To a lesser extent this process is operative in manganese and iron ores of sedimentary origin. In all cases cobalt displays a sharply pronounced tendency to combine with manganese; the cause of this phenomenon is still not quite clear.

The primary source of cobalt and the conditions of its migration are therefore of great interest. The simplest is the question of hyperbasites, that have a high clarke of cobalt concentration; it is in them that asbolanes are mainly encountered. At the same time cobalt concentrations are often observed in the zone of hypergenesis, without any relation to ultrabasic rocks, e. g. in the oxidation zone of some copper deposits. The behaviour of cobalt in waters depends chiefly on the following properties inherent in this element: comparatively high solubility of the sulphate and the chloride, a constant bivalent nature of the combinations and the co-ordination number (6) of the lattice, which enables it to be separated from nickel (co-ordination number 4), which has very similar properties; this latter fact has been especially stressed by A. E. Fersman. The precipitation of cobalt from solution in the form of hydroxide takes place, according to Britton, in a nearly neutral medium (pH = 6.8). It would seem that cobalt should be an element rather common for most of the types of surface waters; as a matter of fact, its rare occurrence and low content in the waters are quite conspicuous.

The presence of cobalt in surface water, sea water included, has been established by many investigators. In this connexion the greatest interest belongs to the waters of mineral deposits, or mine waters.

Our investigation involved mine waters from different deposits, chiefly of Kazakhstan. Alongside of these, a variety of surface waters and water of many thermal springs have been studied for the sake of comparison. To determine cobalt, we made use of one of the most sensitive methods of modern analysis, the spectroscopic method.

Dry residues of samples were examined, previous to which quantitative determinations of cobalt had been made, by comparing the intensities of the

lines with standards prepared on a different basis. The sensitivity was about a thousandth of a %. Among the numerous lines of the cobalt spectrum, the most convenient was found the line λ=3453.514 Å; in the case of a 0.001% cobalt content this line is quite distinct.

Examination has shown that within the sensitivity range of the method, cobalt is present chiefly in the waters of copper deposits or highly cupriferous polymetallic deposits.

No cobalt has been found in the waters of the following polymetallic deposits: Ridder, Zyrianovsk, Berezov, Zmeinogorsk (Altai), South Darbaza (Kara-Mazar); Achisai, Kantaghi (Kara-tau); Kyzyl-Espe, Kaskaighyr-Akdjal, Gulshad, Diusen (N. W. Near-Balkhash region); Tekeli (Djungar Alatau); gold ore deposits—Manka, Retivyi, Sentash; antimony deposit—Turgai. Neither has been any cobalt found in the waters of the thermal springs of Tian-Shan. The results of investigations are given in the table.

Cobalt Content in Mine Waters

Place of sampling	Dry residue	pH value	Cobalt values in % to weight of dry residue	Note
Kounrad copper deposit, shaft No. 1, depth 42 m, July 5, 1939	0.350	5.8	0.002—0.003	Mn = 1.3 mg/l or 0.371% (to dry residue)
Same, bore-hole 1083, depth 22 m, July 5, 1939	1.350	4.8	0.001—0.002	—
Same, bore-hole 553, depth 39 m. July 7, 1939	0.400	6.5	0.001	—
Same, shaft No. 1, June 10, 1938	0.290	—	0.002—0.003	—
Uspensky copper deposit, Annensky shaft, hor. 50 sazh., near the central winze, July 7, 1939	0.910	6.8	0.003—0.005	—
Same, Annensky shaft, hor. 60 sazh., July 7, 1939	2.500	7.0	$\sim$ 0.005	Mn=5.23 mg/l or 0.249%
Same, Annensky shaft, hor. 70 sazh., July 7, 1939	2.260	6.8	$\sim$ 0.01	Mn=14.69 mg/l or 0.65%
Same, shaft below hor. 70 sazh., Sept. 5, 1938	2.225	—	$\sim$ 0.005	—
Kara-bas copper deposit, bore-hole 101, depth 3 m, July 16, 1939	1.000	6.8	$<$ 0.001	—
Same, bore-hole 86, depth 3 m, July 16, 1939	3.800	4.6	$<$ 0.001	—
Beloussov polymetallic deposit, hor. 1, July 31, 1939	2.375	4.6	0.003—0.005	Mn=6.41 mg/l or 0.27%
Aktyus polymetallic deposit, hor. 1, July 11, 1939	0.500	—	$\sim$ 0.005	Mn=13.95 mg/l or 2.79%
Adrasman bismuth deposit, hor. 175.0 m. Oct. 6, 1939	0.200	6.7	traces	Mn=5.30 mg/l or 2.65%
Maikain gold-ore deposit, shaft 14, July 12, 1938	1.800	—	$\sim$ 0.005	—
Same, shaft 2, July 12, 1938	0.450	—	$\sim$ 0.002	—
Same, shaft 8	2.608	—	$\sim$ 0.002	—
Spring at the hill of secondary quartzites Bala-Urpek (Chinghiz range)	1.450	4.6	$\sim$ 0.005	—

From the table it may be seen that the values of the cobalt content in the mine waters of the deposits studied do not exceed 0.01%, calculated to the dry residue, or 0.2 mg/l. The average content ranges from 0.001 to 0.005% (calculated for the dry residue). All the waters were slightly acid (pH<7.0). It is characteristic that the water samples from the Kounrad and Uspensky deposits, taken at 1 year intervals, were found to be analogous as to their cobalt content.

Many samples showed, along with cobalt, a high manganese content; however, there were cases when cobalt was absent and manganese present (the Adrasman bismuth deposit), which seems to be related to the absence of the latter in the ores.

The Uspensky copper deposit was characterized by that cobalt was not found in all the samples. No cobalt was found in the waters of horizon 40, issuing from the black shales of the hanging wall and not washing the ore body. From the above the conclusion may be made that it is the sulphides that are the source of cobalt in the waters.

For the Kounrad deposit, too, cobalt has been found only in the waters of the holes sunk within the ore field, beyond which no cobalt has been discovered. The presence of cobalt in the waters of the spring issuing at the foot of the Bala-Urpek hill (Chinghiz range) suggests the existence of copper ores at a certain depth.

From the above data it is evident that the values of cobalt content in mine waters are not high, although they exceed those in the waters of other types. The maximum content of cobalt (4.6 mg/l, analyst W. F. Hillebrand) has been found in highly acid waters of the Butte copper deposit (Montana, USA), Mountain View mine, while no cobalt at all, or only traces of it are recorded in most of the analyses of mine waters.

Summing up, the following has been found:

1) Cobalt is present in the mine waters of a number of deposits, chiefly copper and polymetallic deposits rich in copper, which points to a definite paragenesis with copper mineralization.

2) In spite of the low values of the cobalt content in mine waters, the latter serve as a source of its concentration in the oxidation zone, mainly together with copper and manganese compounds.

3) Owing to the exceptional capacity of manganese compounds to precipitate cobalt from solutions, in the presence of manganese oxides it falls out before the acidity limit required for its precipitation in the form of a hydroxide (pH=6.8), is attained.

4) The higher cobalt concentration in the mine waters of copper deposits urge the necessity of a special study of the copper ores from different deposits for their cobalt content.

Kazakhstan Branch of
the Academy of Sciences of the USSR.
Alma-Ata.

Received
11. III. 1941.

Translated by A. Brashnina.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GEOCHEMISTRY

ON A FINDING OF TIN IN LIEVRITE

By G. P. BARSANOV

(Communicated by A. E. Fersman, Member of the Academy, 21.II.1941)

While studying the mineralogy of a stanniferous deposit Maly Mukulan in the Kabardin-Balkar Autonomous Republic, the present author discovered in paragenesis of ore skarns the mineral lievrite (ilvaite), which was found to be rather widely distributed in this, mineralogically highly complicated, deposit. A hitherto unknown fact of the presence of a considerable tin content in lievrite was further established as a result of detailed investigations of the geochemical distribution of tin in minerals of the Mukulan deposit.

Lievrite rarely occurs in deposits of the USSR, only four lievrite containing deposits, besides the Mukulan deposit, having been so far described: the Djimarin deposit (the North Caucasus) ([2]), Tirny-Aus ([5]), Tetjukhe ([1]) and the Langar scheelite deposit ([4]).

In 1939 a group of the Ural expedition also found lievrite together with quartz and hornblendes in skarns of copper mines of the Nadejdin district; specimens for spectral analysis were obtained therefrom.

In all the mentioned deposits lievrite has been encountered in a typical contact complex of minerals and is, moreover, often associated with the process of formation of sulphide type skarns. F-G should be considered as geophases of lievrite discharge, i. e. the mineral belongs to a high-thermal formation of the presulphide phase and discharges together with garnets and magnetites of last generations. Lievrite from Mukulan is typical of sulphide skarns of this deposit.

Ore bodies are exposed in the ravine Maly Mukulan, at the base of a skarned series of marmorized limestones of the Lower Carboniferous age. The outcropping massif of eldjurtine neogranite is tectonically overlain by these limestones, directly along southern and eastern contacts. The sulphide skarns containing lievrite, represent ore bodies of the Mukulan deposit and both in their time of formation and phases of the process and the genesis are sharply distinguished from the above-mentioned skarned limestones. These skarns are the product of the latest, thermal geophases of the contact process, associated with meridional small fissures in the skarned bed. Along these fissures took place the ore conduction. The process of ore-body formation was essentially of hydrothermal nature, related to metasomatism of the enclosing rock, along leading joints of crushing. Therefore, some ore bodies are of a pronounced large tectonic breccia type. Four major ore bodies are present in the deposit, each being characterized by a somewhat different

mineral complex. Lievrite is especially distributed in the fourth northern ore body which is the thickest in the Mukulan deposit. Solid dark-green and black sometimes striped skarns, consisting mostly of chlorite, actinolite, gastingsite, lievrite and carbonates, constitute bulk of the ore body. Pyrrhotite, magnetite, sphalerite are the leading ore minerals, while chalcopyrite, arsenopyrite, pyrite, stannine and cassiterite (very little) play a secondary role. Ore aggregates are of granular structure, often corroded, and with depositions of minerals of subsequent phases in fissures of cataclasis. Magnetite, lievrite and garnet belong to the minerals of the earliest generations.

Lievrite, being a typical skarn mineral of the fourth ore body, forms as a rule separate vein-like sections, prismatic grains and irregular columnar and radial accumulations in the mass of dark green chlorite-actinolite, carbonate ore quartz. No well-defined crystals have been observed in the deposit.

Lievrite is of pitch-black colour. Fracture irregular with strong lustre on fresh surfaces. Cleavage very indistinct along (010). Brown or greyish-brown mark. Hardness from 5—6 (Mohs' scale). The average specific gravity, determined in two parallel pycnometers, equals 3.8441. Lievrite invariably exhibits in thin-sections a columnar or radial structure. Transparency may be observed in thin slides only. Extinction direct; $N_p \parallel Z$; $N_g \parallel X$; displays strong pleochroic colours ranging from reddish-brown along N_p to opaque black along N_g. Refractive index very high, but no exact value can be obtained owing to deep colouring of the mineral. An approximate determination of refractive index in a fuse gave the value of 1.9. The colour totally masks interference colours. Easily fuses in a blow-pipe flame, yielding a strongly magnetic black glassy bead. Dissolves with difficulty in HCl on boiling; gives a brown solution and a gelatine sediment. The diagnosis of lievrite may well be accomplished on polished slides in reflected light. The reflecting power is high. Colour grey, slightly bluish. Distinct pleochroism from grey to greyish-blue. Strong anisotropy, polarization in bright red colours does not allow of its being mistaken for another mineral. Hardness high. The surface smooth. Etched with hot HCl.

The distribution of tin in the Mukulan deposit is of specific character; tin is extremely scattered in numerous phases of the process forming a complex sulphostannato-stannite, as well as the posterior highly disperse, partly colloidal cassiterite. This peculiarity convinced the present author of the necessity to carry out spectroscopic analysis of all the major minerals with respect to their tin content, and lievrite was found to contain as an admixture the greatest amount of tin. The study of thin-sections of lievrite in both reflected and passing light showed the absence of any intergrowths of stanniferous minerals in lievrite. Results of a chemical analysis are recorded in Table 1.

The formula of lievrite is usually calculated as a basic salt of the orthosilicic acid Ca, Fe'' and F''' ([7], [8]), but foreign (Greece, island Serifos; Elba, etc.) and home analyses show a constant admixture of Al, replacing Fe''', and Mn'', Mg, which replace Ca and Fe'', to be present. Thus, for example, Grigoriev calculates the formula of lievrite from the Tetjukhe deposit as $Ca\,(Fe'', Mn'')_2.\ Fe'''(OH).\ (SiO_4)_2$ with the ratio FeO: MnO=6 : 1.

A more complete analysis of the lievrite from the Mukulan deposit permits of establishing the following ratio of the main groups of oxides: $1.4\,CaO.\ 3(Fe'', Mg, Mn'')\ O.(Fe''', Al)_2O_3.3SiO_2.H_2O$. Therefore, the lievrite investigated may be represented as a basic salt of the orthosilicic acid: $CaR_2''\ [(Fe''', R''')\ OH].\ (SiO_4)_2$, where R''—Fe, Mn, Mg; R'''—Al_4 and, perhaps partly Sn in the form of a weakly charged ion $Sn(OH)_4$(?) (see below).

Table 1

A Comparative Table of Chemical Analyses of Lievrite from Deposits of the USSR

Oxides	Mukulan			Djimara **	Tetjukhe ***	Theor. composition
	Weight %	Recalc. to 100%	Mol. quant.	Weight %	Weight %	
SiO_2	29.30	29.53	0.492	29.18	28.15	29.36
TiO_2	0.10	0.10	0.001	—	—	—
Al_2O_3	2.21	2.23	0.022	0.46	no	—
Fe_2O_3	17.23	17.37	0.108	18.67	19.61	19.55
FeO	31.08	31.32	0.435	33.32	30.84	35.20
MnO	1.98	1.99	0.028	2.26	4.85	—
CaO	12.72	12.82	0.229	14.11	13.36	13.69
MgO	1.04	1.05	0.025	0.26	0.32	—
K_2O	0.25	—	—	—	—	—
Na_2O	0.23	—	—	—	—	—
P_2O_5	no	—	—	—	—	—
H_2O^{-110}	0.40	0.40	0.160	1.53	2.83	2.20
Loss on ign.	2.44	2.44				
* SnO_2	0.75	0.75	0.005	—	—	—
* S	0.63	—	—	—	—	—
* Cl	traces	—	—	—	—	—
Total	100.34%	100%	—	99.79%	90.96%	100%

* Elements with asterisks have been analyzed in a separate assay. ** After S. V. Morachevsky. *** After I. F. Grigoriev.

A considerable Sn content found in lievrites of the Mukulan deposit lead the author of the present paper to an attempt to solve two problems: first, to establish the fact, whether the presence of tin in a lievrite molecule in contacts of stanniferous intrusions is accidental or not, and, secondly, to determine the process which makes possible a combination of a portion of tin in a molecule of basic ferrosilicates.

Quantitative spectroscopic determinations of tin in museum specimens of lievrite from both home and most famous foreign deposits were undertaken in order to clear the first problem. The results of this investigation are set out in Table 2.

Table 2

Tin Content in Lievrites

Deposit	Content in %	Note
Maly Mukulan	0.59	Determined analytically
Tirny-Aus	0.01	—
Tetjukhe	0.01*	—
The Bogoslov mine	no	—
Greece, island Serifos	no	—
Italy, Elba, Rio Marina	0.3	—
Germany, Silesia, Kupferberg	0.04—0.05	—

* Similar results were obtained by F. I. Abramov (the All-Union Geological Institute).

From the data referred in Table 2 it may easily be seen that the tin content in lievrites is in no way accidental and typical of the Mukulan deposit only; on the contrary, tin is present in most of the tested specimens. The tin content was found to be geochemically characteristic of all those analyzed lievrites which are genetically associated with low phases of contact sulphide metasoma-

tism of limestones by derivates of stanniferous intrusions. This fact is of particular interest, if we bear in mind that the only silicate of tin (arandisite) and titanosilicates rich in tin (sphen) were described by Ramdohr [9], also in a contact-metasomatic composite sulphide-stanniferous complex of Arandise (South Africa), as discharged during geophases approximately corresponding to those of the lievrite crystallization. Therefore, some geochemical peculiarity of tin discharge during a contact process, associated with metasomatism of limestones, seems to be traced: the formation of a complex anion $Sn(OH)_4^{-4}$ which may enter the lattice of silicates or even yield a complex stanno-silicate; arandisite, for example, may be considered as an expression of this peculiarity. Geochemical peculiarities of the structure of tin atoms and ions, discussed in full detail in a paper by A. E. Fersman [6], are probably responsible for this phenomenon. It is a well-known fact that the most stable compound of tin SnO_2 discharges in the form of cassiterite from low pH solutions, where tin forms the ion Sn^{+4}. Hence it is natural to assume, that during the high thermal phase of the contact process, accompanied with metasomatism of limestones, we should have (in the case of free evolution of CO_2 through fissures) essentially neutral or even alkaline solutions with high values of pH, at which tin forms either stannates remaining in the solution, or, on hydrolysis, weakly charged sols and gels $Sn(OH)_4$. The proximity of ionic radii of Fe^{+3} (0.67), Ti^{+4} (0.64) and Sn^{+4}(0.74), on the one hand, and the ability of tin to form in high and medium pH solutions the complex anion $(SnO_4)^{-4}+(SiO_4)^{-4}$, on the other, give sufficient grounds for supposing that during high thermal phases of the contact process in limestones tin would enter the molecule of titanosilicates (sphen e. g.), basic ferrisilicates (lievrite, etc.) and, finally, give complex stanno-silicic salts of the arandisite type. Thus, the process of combination of a portion of tin in high hydrothermal phases of the contact process must necessarily be regular in character, and investigations of stanniferous deposits of a similar type may show the occurrence of stanniferous silicates and titanosilicates, as well as the presence of isomorphous admixtures of tin, contained in molecules of basic ferrisilicates of the lievrite type. Under such conditions it is natural that in contact deposits there is usually present the cassiterite either of high phases of the process (solutions have not been sufficiently neutralized by an assimilation of limestone), or, on the contrary, of very low phases with calcite and chlorite (drop of pH at the expense of discharge of calcite and hydrothermal micas from the solution); in intermediate phases (F, G and partly H) a considerable portion of tin should in a number of cases be scattered in silicate molecules.

Karpinsky Geological Museum.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
25. II. 1941.

REFERENCES

[1] I. F. Grigoriev, Bull. Acad. Sci. URSS, sér. géol., No. 1 (1936). [2] И. Г. Кузнецов, Изв. Геол. ком., X, № 6 (1925). [3] Ю. В. Морачевский, там же, X, № 4 (1926). [4] В. С. Мясников и В. П. Флоренский, Тр. Ломон. ин-та, сер. минер., вып. 10 (1937). [5] И. Н. Ситковский, Зап. Минер. об-ва, (2), вып. 3, № 1 (1934). [6] А. Е. Ферсман, Геохимия, IV (1939). [7] C. Hintze, Handb. d. Mineral., 2, 399 (1897). [8] C. Doelter, Handb. d. Mineralchem., II, Ab. 3, 315 (1933). [9] P. Ramdohr, Neues Jahrb. f. Mineral., A (1936).

Translated by P. Rappoport.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PETROGRAPHY

A COMPOSITE DIKE OF THE REGION OF THE GULSHAD DEPOSIT (S.-W. NEAR-BALKHASH)

By A. B. VISTELIUS

(Communicated by W. I. Vernadsky, Member of the Academy, 10.II.1941)

The Gulshad deposit is situated 7 km S of the Lake Balkhash and 56 km SW of the railway station Bertys (the Omsk railway). The region of the deposit is built up by marbles and pyroclastic Upper Silurian depositions which dip monoclinally SW 220° and are overlain by extrusions of plagioporphyrites, dacites and quartz porphyries. The supercrustal complex as a whole is pierced by a series of intrusions beginning with olivine gabbroes and ending with finely-grained biotite granite. Intrusive rocks in their turn are also pierced by a number of skhysolites, which begin with lamprophyries, with subsequent injections of leucrocratic diabases, diabasic porphyrites, diorite porphyrites, granite-porphyries, aplites and, finally, dolerites.

The dike under description was encountered 3.8 km SSW of the Makariev pit of the Gulshad mine in 1940 while carrying out summer investigations. White, slightly serpentinous marbles, dipping SW 220°∠50°, are the enclosing rock. The nearest outcrops of igneous rocks are located SW at a distance of 80 m, being represented by granodiorites, intersected by a dike-like body of granodiorite-porphyry. The latter is pierced by finely-grained biotite granite. Intrusive breccias were discovered at the contact of granodiorite-porphyry and granite. The same phenomenon may be observed at the contact of granodiorite, where the granodiorite forms the breccia rubble. Moreover, in nearby outcrops were encountered dikes of plagioclase porphyrites pierced by granite, and dolerites cutting the granite.

The dike itself shows the following structure: its vein-wall is built up by intermittent outcrops of plagioclase porphyrite and in places, where the latter disappears, by granodiorite-porphyry. Toward the centre of the dike plagioclase porphyrite is replaced by granodiorite-porphyry. The contact line of plagioporphyrite and granodiorite-porphyry is sharp, and on several occasions the granodiorite-porphyry yields small apophyses into plagioporphyrite. Finely-grained biotite granite occupies the central part of the dike, and the line of contact of granodiorite-porphyry and granite is perfectly clear and sharp. The granite yields numerous apophyses into granodiorite-porphyry, the largest of which attains 7 m in length. Total length of the dike 210 m, maximum thickness 20 m, the axis strike NE 65°. Space relations of rocks may be seen in the accompanying chart.

In petrographic aspect the rocks present the following picture.

Plagioclase porphyrites. Dark, dense, distinctly porphyric rocks. Dark crystals of plagioclase are the phenocrysts. Phenocrysts do not exceed in size 4—5 mm. Display under the microscope a clearly pronounced porphyric structure.

Phenocrysts are formed by andesine, are strongly seriticised and possess jagged contours in which the bulk of the rock intrudes. In separate cases sections of chlorite with epidote grains, with contours typical of pyroxene of diabase porphyrites, may be observed. The size of these formations is smaller than that of plagioclase phenocrysts.

The bulk of the rocks consists of closely intertwinning tabulae of biotite and colourless radial amphibole. Its mass as a whole is pierced by a large number of carbonates and xenomorphous quartz. The latter forms sometimes lenticular accumulations, consisting of some grains. Apatite is present in appreciable quantities.

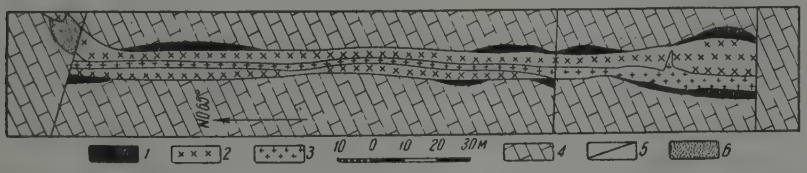


Fig. 1. *1*—plagioporphyrite; *2*—granodiorite-porphyry; *3*—biotite granite; *4*—marbles; *5*—lines of disjuncted dislocations; *6*—alluvia.

Granodiorite-porphyries are dense rocks with phenocrysts of plagioclase, potash-feldspar and quartz. Small leists of biotite are sometimes observed. The size of phenocrysts does not exceed 7—9 mm. The bulk of the rock is totally crystalline, medium-grained. Microscope investigations show the granodiorite-porphyry to possess the following peculiarities.

Phenocrysts. Andesine of phenocrysts forms idiomorphous tabulae cataclized in peripheral parts. Secondary alterations of the mineral are expressed in its seriticization. On Fedorov's table andesine was determined to be *NN* 37—45.

Orthoclase, as well as andesine, forms large idiomorphous tabulae. It often shows brown pigmentation and is surrounded by a selvage of granophyric ingrowths of quartz. Graphic sprouts may sometimes be seen in the central part of the phenocryst. Partial enveloping of plagioclase with orthoclase may be observed on several occasions.

Quartz forms excretions of a much smaller size than those of feldspars. It is partly idiomorphous and carries fine ore phenocrysts.

Biotite yields leist-like formations approaching in size the phenocrysts of quartz. It exhibits pleochroic colours ranging from dark to light-brown, the scheme of absorption being normal. The peripheral portions of biotite leists are made up of chlorite and contain ore spots.

The bulk. Quartz, albite-oligoclase and potash-feldspar participate in building up the bulk. Apatite is present but in insignificant quantities. The bulk is of allotrimorphously grained structure with sections of graphic coalescences. Large accumulations of quartz grains of, perhaps, secondary origin may be observed in separate cases. Finely-grained biotite granites represent hypidiomorphic rocks of pink colour with uniformly scattered biotite scales. The following minerals are to be seen under the microscope.

Oligoclase, forming lamellated seriticised specimens which are idiomorphous with respect to microcline and quartz.

Microcline yields perfectly xenomorphous excretions enveloping oligoclase and containing separate quartz grains. Quite often possesses an uniform brownish pigmentation.

Biotite is represented by leists showing pleochroic brownish colours, the scheme of absorption being $N_g = N_m > N_p$. The peripheral portions of biotite leists are altered into chlorite, containing lime ore phenocrysts.

Quartz has been encountered in the shape of large partly idiomorphous grains with cloudy extinction. Sometimes forms myrmekite ingrowths in marginal portions of oligoclase grains.

Apatite is an accessory mineral.

The syngony and chemical composition of feldspars of the described rocks may be seen from the following table:

Rock	P/D	N_g	N_m	N_p	Law of twinning	Identification
Phenocrysts of feldspar of plagioclase porphyrite	D	68	29	75	[001]	Plagioclase No. 30
	P	21	70	87	—	» No. 39
	D	64	32	72	⊥ (001)	» No. 48
Phenocrysts of feldspar of granodiorite-porphyry	D	24	69	80	⊥ (010)	» No. 37
	P	63	28	90	—	» No. 45
	P	2	89	89	—	Orthoclase
Idiomorphous grain in granite	D	78	18	75	[001]	Plagioclase No. 10
Xenomorphous grain of potash-feldspar in granite	P	77	14	84	—	Microcline

The data presented above give sufficient grounds for assuming the dike under consideration to be composite (1). Its formation is supposed to take place as a result of independent injections of the molten material into an opening fissure. The first two portions of the material are assumed to differ little in their chemical composition, while the last portion of granite composition noticeably differs from the first two and was probably impregnated much later.

Department of Mineralogy.
Leningrad State University.

Received
12. II. 1941.

REFERENCES

[1] E. A. Daly, Igneous Rocks and the Depths of the Earth (1933).

Translated by P. Rappoport.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOCHEMISTRY

ASYMMETRY OF THE ORGANISM AS LINKED UP WITH THE OPTICAL ACTIVITY OF ITS CONSTITUENT SUBSTANCES. AMINO-ACIDS FROM THE PROTEINS OF A LEG OF DEXTRO-VOLUTED AND LAEVO-VOLUTED FORMS OF *FRUTICICOLA LANTZI* LANDH.

By A. R. KIESEL

(Communicated by W. I. Vernadsky, Member of the Academy, 5.III.1941)

If aminoacids produced by the hydrolysis of conchiolin, a physiologically inactive protein of molluscs, show the same direction of specific rotation in both dextro-voluted and laevo-voluted forms (1), nevertheless, other proteins of these two kinds of forms, namely their active proteins, may include groups which in respect to optical activity will prove identical rather than enantiomorphous.

In order to secure evidence one way or the other, muscular proteins—myogen and myosin—were isolated from the legs of two morphologically opposite forms of *Fruticicola lantzi* Landh., one having its shell with a right, the other with a left direction of the whorl. In doing this we largely followed the method referred to in the textbook by Hoppe-Seyler-Thierfelder (2). Some deviations, however, were made unavoidable by the particular nature of the experimental object.

Although the muscular tissue was subjected to freezing and the whole process of isolation was carried on at about 0° C, the yield of proteins was not considerable. Very soon they became insoluble. After many times repeated extractions several fractions of water soluble and salt soluble proteins were isolated. And still it was very difficult to identify even the five main fractions with some or other individual muscular protein. Moreover, each one of the fractions was too small to be singly used in the test. We were compelled therefore to unite them together.

In total, out of 300 g of raw muscle from the legs of the dextra-voluted form there were obtained 4.0 g of protein preparations; and 1.75 g of protein preparations were obtained out of 150 g of raw muscle from the legs of the laevo-voluted form.

In the residue, in the bulk of it, protein bodies were still present after many extractions. It can safely be said that along with the protein of the connective tissue myogen and myosin were also available there in a denaturated condition. In the case of the left form this undoubtedly heterogeneous residue weighed about 3.7 g, including the quartz sand sticking to it, which had been used for better grinding the mixture in the mortar. In the case of the right form the residue weighed about 6 g, respectively. It was not

possible to get the quartz sand apart to any satisfactory extent. So the organic mass was in reality by far lower in amount than the above figures.

In investigating the optical rotation of the proteins themselves we met with the same difficulties as those experienced in the case of conchiolin, and had therefore to confine ourselves to studying rotation in the aminoacids (individual or groups) resulting from an acid hydrolysis of our proteins. The hydrolysis was carried on with the total of proteins dissolved on extraction and with the insoluble residue of the legs as a whole. It was, of course, a strong disadvantage to our investigation that we were unable to study individual protein bodies, but our main task was to compare optical rotation in the aminoacids building up the physiologically active complex of proteins in the muscular tissue, and this we fulfilled even separating this complex into a more soluble and a less soluble part. The hydrolysates obtained were subjected to fractionation in the same way, as in the case of conchiolin. The aminoacids had not yet separated, and their crystallization was only about to start, when entire neutralized hydrolysates of the insoluble residue were put to the polarimetric test. In the case of both forms the rotation was toward the left. It may be referred to as a general characteristic that the readings calculated for the aliquot taken for hydrolysis gave a maximum value of $[\alpha]_D^{20} = -12.4°$. Arginin fractions isolated as usual in the form of silver compounds showed, after the removal of silver, dextrorotation in a 10 % hydrochloric acid in all cases. These compounds were coloured and could therefore be supposed to be strongly contaminated, but to render them pure was a rather difficult task on account of the smallness of quantities used, and so their content of arginin was derived from their content of nitrogen. To this calculated amount of arginin were referred the rotation values obtained on computing the specific rotation.

$[\alpha]_D^{20}$ of Arginin in a 10% Solution of HCl

	Left form of molluscs	Right form of molluscs
From soluble proteins	+16.34°	+24.6°
From insoluble proteins . . .	+25.0°	+20.8°

Some error is necessarily involved in such calculation of absolute figures, and in fact there are errors in our figures. But as the higher values of $[\alpha]_D$ were in one case found for the left form and in the other for the right form, it is natural to think of contaminations rather than of the form of the arginin as the reason for displacements in the rotation; in the first place one can suspect humin substances formed during hydrolysis owing to unavoidable admixture of colloidal polysaccharides to the proteins (3). The values of $[\alpha]_D$ for arginin available in literature (+21.25°; 20.78° and even 26.6°) have all been obtained with a strongly acid solution.

Histidin fractions were not investigated; as they were small in amount and very dark in colour, there was little hope to obtain representative values of rotation.

After separation of the above mentioned bases crystalline fractions of aminoacids began falling out in the condensed hydrolysates; they were gathered in succession and subjected to recrystallization from the water. First of all, we were struck by a complete absence of tyrosin in all hydrolysates; this deprived us of the most typical indicator, for tyrosin was known to rank with those of the aminoacids which are the most easy to obtain in a pure state.

The absence of tyrosin from the products of protein disintegration in the mollusc investigated is of itself a very notable and noteworthy fact, since

no protein of constitutional or reserve character has ever been reported to be entirely devoid of tyrosin. Only protamins and several skeletal proteins, as for instance those of the egg-shell, the spongin and the gelatine, have no tyrosin in their composition.

The crystalline fractions collected singly were tested for optical rotation and for content of nitrogen. However, the amount of test-material being small, one could hardly expect to have the crystallizing aminoacids sharply separated from one another. And indeed, the separation of crystalline fractions proved impossible. They were all mixtures, in which the content of nitrogen and amino-nitrogen ranged from 7.19 to 14.95%, and the specific rotation in a 21% solution of hydrochloric acid varied from +28.96° to +8.16°. There was also no difference between the respective crystalline fractions separated in succession from the protein hydrolysates of the left and of the right form of molluscs. Neither did they differ in properties. Separate fractions of crystallisates appear from these data to have contained varying amounts of leucin, valin, alanin, phenylalanin, as well as prolin; the latter strongly reduced rotation, on the one hand, and was responsible for the low content of amino-nitrogen in some of the fractions, on the other. It is a matter for regret that working with very small amounts of material we could not pass the limits of the data reported here and were unable to make estimations on individual mono-aminoacids.

There were made attempts to isolate dicarbonic acids by the precipitation of their barium salts with alcohol and to obtain the hydrochloride of glutaminic acid, but no crystalline product pure enough could be obtained in that way. Here again we were compelled to connect rotation with the content of nitrogen in the fractions obtained. Yet, even by such a rough method, we were able to reveal that there was no difference between products obtained from the proteins of the right and of the left form of organisms. Neither the direction nor the angle of optical rotation was different. Strictly corresponding fractions obtained from insoluble proteins under equal conditions of medium were found by the above method of calculation to have the following angles of optical rotation:

$$\text{for the right form of molluscs } [\alpha]_D^{20} = +4.55°$$
$$\text{for the left form of molluscs } [\alpha]_D^{20} = +4.84°$$

To sum up, we are bound to conclude from this investigation that the question, as to whether or not the asymmetry of the organism is related to the optical activity of its constituent substances, must at least in the case considered be answered in the negative. Once it has already received a negative answer. Then it had been a case of inactive skeletal protein, though one participating in the structure of the asymmetrical part of the body. This time it was a protein from a very active part of mollusc's body, its leg, but so far as one could judge from morphological data, the latter had no direct relation to the asymmetry of the shell.

Laboratory of Plant Biochemistry.
Moscow University.

Received
6. III. 1941.

REFERENCES

[1] A. Kiesel, E. Efimochkina and J. Rall, C. R. Acad. Sci. URSS, XXV, No. 6 (1939). [2] Hoppe-Seyler-Thierfelder, Handbuch der physiol.- und pathol.-chemischen Analyse.

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOCHEMIE

ÜBER DEN EINFLUSS DER PROTEASEN-KONZENTRATION AUF DIE HYDROLYSEN-GESCHWINDIGKEIT DES MUSKELEIWEISSES

Von I. A. SMORODINZEV und W. P. ZHIGALOV

(Vorgelegt von S. S. Nametkin, Mitglied der Akademie, den 21. II. 1941)

Es ist bekannt, dass zwischen den Mengen des Ferments und dem Ausmass der Substratszerspaltung (1) keine direkte Proportionalität besteht: bei geringen Konzentrationen ist die Wirkung des Ferments relativ stärker (2). Es gelang uns zu beweisen, dass entgegen der bestehenden falschen Vorstellung die Geschwindigkeit der fermentativen Hydrolyse des Muskeleiweisses, die Geschwindigkeit der in der Technik üblichen Hydrolyse mit Mineralsäuren (3) um ein Vielfaches übertrifft.

Untersuchungsmethode. Rindfleisch von bester Sorte wurde entfettet und in einer Fleischhackmaschine zerkleinert, sorgfältig vermischt und mit 0.3—0.4%-iger Salzsäure, die 0.01% Pepsin enthielt, bei einem Flüssigkeitskoeffizienten von 1 : 10, 1 : 8, 1 : 6, 1 : 4, 1 : 3 und 1 : 2 übergossen. Zu Beginn der Verdauung betrug der pH-Wert des Gemisches 1.4 bis 1.5, zum Schluss 1.9 bis 2.0. Die Verdauung des Fleisches wurde in Kolben von 250 cm³ Inhalt auf die Weise durchgeführt, dass man das Fleisch zunächst mit Pepsin in Thermostaten bei 37° C während 30 Min. stehen liess, darauf, nachdem der pH der verdauten Masse durch Alkalizusatz auf 8.3 bis 8.5 gestiegen war, wurde die Verdauung mit Pankreatin oder mit einem Pankreatin-Erepsin-Gemisch während 1.5 Stunden fortgesetzt, d. h. die Hydrolysendauer betrug im ganzen 2 Stunden. Der Hydrolysengrad des Muskeleiweisses wurde durch den Gehalt an Aminostickstoff, der nach Van-Slyke bestimmt wurde, festgestellt.

Es gelang uns zu beweisen, dass bei einer Konzentrationsverminderung des Pepsins ums 50 bis 100-fache, die Menge der abspaltbaren Aminogruppen nur ums Doppelte verringert wird (4). Bei einer Konzentrationsverminderung des Pepsins um das Doppelte, sinkt die Abspaltung von Aminostickstoff nur um 25%. Analoge Versuche mit einem Pankreatin-Erepsin-Gemisch zeigten, dass bei einer Verminderung der Menge des Ferments von 0.5% auf 0.25% (auf die Fleischmenge bezogen), die Menge des vom Fleischeiweiss abgespaltenen Aminostickstoffs im Mittel um 20 bis 30%, bei weiteren Verminderungen der Fermentmenge von 0.25 auf 0.125%, noch um 20—25% sinkt.

Die in Tab. 1 zusammengestellten Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass der Flüssigkeitskoeffizient im Bereich von 1 : 3 bis 1 : 2 die absolute Menge des abspaltbaren Aminostickstoffs unter sonst gleichen Bedingungen nicht stark beeinflusst (=0.3—0.08 mg%). Aus Tab. 1 ist weiterhin zu ersehen, dass bei einer Konzentrationsverminderung des Pankreatin-Erepsin-Gemisches ums Doppelte, der Aminostickstoff in gleichem Masse verändert wird, wie im Falle der Anwendung von Pepsin, d. h. um 20—30%.

Um die Bedeutung des Flüssigkeitskoeffizienten für die Abspaltung von Aminostickstoff aus Muskeleiweiss genauer zu ergründen, führten wir zu Vergleichszwecken eine Serie von Versuchen bei ein und derselben Ferment-

Tabelle 1

Einfluss der Pankreatin- und Erepsin-Konzentration auf die Abspaltung von Aminostickstoff des Fleisches (Verdauung des Fleisches mit Pepsin—30 Min., mit Pankreatin-Erepsin-Gemisch—90 Min.)

Versuch No.	Serie I		Serie II		Serie III	
	Konzentration des Pankreatin-Erepsin-Gemisches					
	0.5%		0.25%		0.125%	
	Zunahme von NH_2N in mg	Änderung in %	Zunahme von NH_2N in mg	Änderung in %	Zunahme von NH_2N in mg	Änderung in %
	Flüssigkeitskoeffizient 1 : 2					
1	1.63		1.00		0.62	
2	1.64		1.03		0.61	
3	1.63		0.88		0.61	
4	1.44		1.21		0.79	
5	1.71		1.81		0.85	
Mittel	1.61	100	1.09	67.7	0.69	42.86
	Flüssigkeitskoeffizient 1 : 3					
1	1.22		1.00		0.77	
2	1.42		1.04		0.60	
3	1.22		1.03		0.73	
Mittel	1.29	100	1.02	79.0	0.77	59.70

Tabelle 2

Bedeutung des Flüssigkeitskoeffizienten für die Hydrolyse von Muskeleiweiss (Verdauungsdauer mit Pepsin — 30 Min., mit Pankreatin-Erepsin-Gemisch — 90 Min.)

Versuch No.	Serie I		Serie II		Serie III		Serie IV		Serie V	
	Zunahme von Aminostickstoff in mg	Änderung in %	Zunahme von Aminostickstoff in mg	Änderung in %	Zunahme von Aminostickstoff in mg	Änderung in %	Zunahme von Aminostickstoff in mg	Änderung in %	Zunahme von Aminostickstoff in mg	Änderung in %
	Pankreatin-Konzentration — 0.5%									
	Flüssigkeitskoeffizient 1 : 8		Flüssigkeitskoeffizient 1 : 6		Flüssigkeitskoeffizient 1 : 4		Flüssigkeitskoeffizient 1 : 3		Flüssigkeitskoeffizient 1 : 2	
1	1.55		1.73		1.69		1.64		1.58	
2	1.75		1.74		1.81		1.65		1.61	
3	1.44		1.36		1.22		1.19		1.15	
4	1.61		—		—		—		1.44	
5	1.30		—		—		—		1.36	
Mittel	1.53	100	1.61	105	1.57	103	1.49	97.4	1.43	93.47
	Pankreatin-Erepsin-Gemisch — 0.5%									
1	1.97		1.90		2.31					
2	1.91		2.30		1.87					
3	1.88		2.00		2.04					
Mittel	1.92	100	2.07	108	2.07	108				

konzentration, jedoch unter Veränderung des Volumens der Lösung des Ferments bezüglich der Fleischmenge (Tab. 2).

Einer Volumverminderung der Lösung bei der Herstellung von Hydrolysaten kommt eine grosse wirtschaftliche Bedeutung zu, daher ist die Klärung

der Frage über den Einfluss des Flüssigkeitskoeffizienten von grosser Wichtigkeit. Wie aus Tab. 2 zu ersehen ist, steigt die Menge des abspaltbaren Aminostickstoffs bei der Verdauung des Muskeleiweisses mit Pankreatin allein, bei der Senkung des Flüssigkeitskoeffizienten von 1 : 8 auf 1 : 4 um 0.04 mg (+3%), d. h. bleibt praktisch unverändert; bei einer weiteren Senkung des Flüssigkeitskoeffizienten von 1 : 4 auf 1 : 2 wurde eine Verminderung des auftretenden Aminostickstoffs um 0.14 mg beobachtet. Diese Verminderung beeinflusst die Qualität des Hydrolysates nur wenig; die Ersparnis, die sich aber bei der Verdampfung eines um 4 Mal geringeren Flüssigkeitsvolumens ergibt, liefert einen bedeutenden wirtschaftlichen Effekt in der Technik. Bei der Verdauung von Muskeleiweiss mit einem Pankreatin-Erepsin-Gemisch, tritt im Falle einer Senkung des Flüssigkeitskoeffizienten von 1 : 8 auf 1 : 4 nicht eine Verminderung, sondern eine Vergrösserung der Menge des abspaltbaren Aminostickstoffs um 8% ein.

In einer unserer früheren Arbeiten [2] konnten wir feststellen, dass 1 : 8 als optimales Verhältnis von Fleisch zur salzsauren Lösung erscheint. In jenen Versuchen berechneten wir den Prozentgehalt des Ferments pro Flüssigkeitsvolumen. Wenn man den Fermentgehalt nach dem Substrat rechnet, so erhält man ein anderes Verhältnis (Tab. 3).

Tabelle 3

Versuch zur vergleichenden Berechnung der Fermente, bezogen auf das Flüssigkeitsvolumen und das Gewicht des Eiweisses (Einführung von 2% Pankreasdrüse und 0.5% Erepsin nach einstündiger Einwirkung von 0.05% Pepsin. Verdauungszeit — 30 Min., Zunahme von Aminostickstoff in mg)

Versuch No.	Flüssigkeits-koeffizient	Berechnung des Fermentes bezogen: auf das Flüssigkeitsvolumen			auf die Eiweissmenge		
		Pflanzlicher Kleber		Fleisch	Pflanzlicher Kleber		Fleisch
		Versuchsserie			Versuchsserie		
		I	II	III	I	II	III
1	1 : 10	6.87	4.60	15.04	2.63	1.96	3.90
2	1 : 8	3.87	3.79	8.80	2.50	1.90	3.70
3	1 : 5	2.64	3.30	7.0	2.55	1.89	3.62
4	1 : 3	—	2.76	—	—	1.95	—

Aus Tab. 3 ist zu ersehen, dass bei der Berechnung der Menge des Ferments, bezogen auf das Gewicht des Substrats und nicht auf das Flüssigkeitsvolumen, im Verlaufe von 30 Min. praktisch die gleiche Eiweissmenge verdaut wird, unabhängig vom Flüssigkeitskoeffizienten im Bereiche von 1 : 10 bis 1 : 3. Muskeleiweiss wird unter sonst gleichen Bedingungen 2—3 Mal energischer gespalten, als pflanzlicher Kleber.

Es ist klar, dass man bei der Berechnung der Fermentkonzentration nicht auf das Volumen der Flüssigkeit, sondern auf die verwendete Menge des Substrats Bezug nehmen muss; unter dieser Bedingung gelingt es auch in geringen Bereichen des Flüssigkeitskoeffizienten das Eiweiss genau so tief zu spalten, wie das für weite Bereiche des Flüssigkeitskoeffizienten der Fall ist.

Eingegangen
den 22. II. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] И. А. Смородинцев, Ферменты, ч. 1, 219 (1915). [2] И. А. Смородинцев и В. П. Жигалов, Укр. биох. журн., **13**, 649 (1939). [3] I. A. Smorodinzev und W. P. Zhigalov, C. R. Acad. Sci. URSS, XXIV, 894 (1939). [4] И. А. Смородинцев и В. П. Жигалов, Укр. биох. журн., **14**, 123 (1940). [5] И. А. Смородинцев и В. П. Жигалов, ЖОХ, **10**, 962 (1940).

Übersetzt von K. Packendorff.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOCHEMISTRY

RÔLE OF OXIDIZING ACTIVITY OF VEGETABLE TISSUE IN THE SYNTHESIS OF ASCORBIC ACID

By B. A. RUBIN and N. S. SPIRIDONOVA

(Communicated by A. N. Bach, Member of the Academy, 8.III.1941)

Preliminary experiments, made at our laboratory in 1939 (1), have shown that variations of the content of ascorbic acid in vegetable tissues is definitely related to their oxidizing-reducing activity. Those tissues were found, as a rule, to be higher in vitamin C where oxidizing enzymes (peroxidase, ascorbinase) displayed a higher activity and the respiratory metabolism was more intensive. Formation of ascorbic acid at the expense of sugars introduced from outside was also more successfull in these tissues.

From that evidence sprang up the proposal to consider the vitamin C as a product of redoxy transformations of the molecule of sugar. But this point of view was not generally recognized and even met with strong objections (3) supported by an array of facts, showing that the correlation between the activity of oxidizing enzymes and the content of vitamin C might assume a quite different character. The fruit of wild rose is usually referred to as a most convincing example, since its pericarp, though extremely high in ascorbic acid, is almost entirely devoid of ascorbinase. At the other end of the scale are the fruits of *Cucurbitaceae*, which are very low in vitamin C and at the same time present the most suitable material for manufacturing preparations of ascorbinase.

It is with the purpose of getting at the root of these controversial statements, that the authors of the present paper have started observations on the dynamics of vitamin C and on variations in the activity of certain elements of the oxidizing system (peroxydase and ascorbinase) in the fruits of wild rose Daursky and aubergine Gribovsky during their development. It was found that in both kinds of these fruits the activity of ascorbinase in the course of their development was characterized by figures of the same order. Not until the time of ripening did the difference become apparent. But when ripening sets in, the process of accumulation of vitamin C is practically complete. It may be remarked here that by that time the tissues of aubergine are up to 90% made of water, and after the fruit has reached the stage of commercial fitness, they still remain perfectly viable and all their enzymes, including the ascorbinase, continue very active. With wild rose the picture is different. Its pericarp is dry by the time of ripening. So much so, in fact, that all enzymes, not excepting those oxidizing the ascorbic acid, became here completely inactive (resting organ) (Table 1).

Table 1

Plant	Cotyledons before flowering		Start of seed ripening		Ripening	
	ascorbic acid, mg %	activity of ascorbinase*	ascorbic acid, mg %	activity of ascorbinase*	ascorbic acid, mg %	activity of ascorbinase*
Wild rose Daursky	171.1	5.8	1 212	12.09	1727.5	0
Aubergine Gribovsky . . .	40.1	5.38	6.0	33.8	5.8	43.9

* Expressed in mgs of ascorbic acid.

From these data it is obvious that when the activity of ascorbinase in the fruits of wild rose becomes so low that this enzyme appears to be completely absent, the stage is already reached by the fruit at which all life processes within it have ceased. At the same period the fruits of *Cucurbitaceae*, so often compared with those of wild rose, retain a very high physiological and biological activity.

This statement is supported by our earlier observations ([2]), since we have found the pericarp of the fruits of both wild rose and pumpkin unable of itself to synthesize ascorbic acid, which is merely stored here as a reserve matter, but is supplied by the leaves. Evidence for the migration of ascorbic acid from the leaf to the fruit is also furnished by the data of Table 2.

Table 2

Date	Test-piece	Base of fruit			Top of fruit		
		skin	pericarp	endocarp	skin	pericarp	endocarp
27 July	Aubergine fruit	9.7	7.7	15.1	7.5	5.8	14.2
16 August	» »	9.6	6.06	8.91	8.9	3.73	7.72
17 »	A half of a fruit, 10 a. m* .	—	4.5	—	—	3.5	—
17 »	The other half, 12 (noon)* .	—	5.9	—	—	3.6	—

* The fruit was cut in two longitudinally while on the plant. One its half was taken for testing immediately, but the other half remained attached to the parent organism until noon, the time of the second analysis.

The figures show that the content of vitamin C is always higher in the basal part of the fruit than in its apical part.

From our data we arrive at recognizing the importance of the fact that the fruits of wild rose and the fruits of aubergine differ greatly in the rate and duration of growth. While in wild rose the fruit stops growing several days after the fertilization of the cotyledon, in aubergine the growth process lasts, and is very intensive, till the seed is completely ripe.

Therefore, if the pericarp of wild rose is relatively high in ascorbic acid, this is certainly because it is very small in size, and accordingly there is a large leaf area per 1 g of fruit. As another confirmation it may be pointed out, comparing the wild rose with aubergine, that the content of vitamin C in the cotyledons, when the difference in the rate of growth cannot yet have any effect on it, is by far not so widely diverging as in later phases. And with regard to the total amount of ascorbic acid in the fruit the aubergine greatly exceeds the wild rose (Table 3).

Table 3

Plant	Cotyledon before flowering		1—2 days after flowering		4—5 days after flowering		Seed ripening	
	Ascorbic acid		Ascorbic acid		Ascorbic acid		Ascorbic acid	
	in mg%	mgs in a fruit	in mg%	mgs in a fruit	in mg%	mgs in a fruit	in mg%	mgs in a fruit
Wild rose	171.1	0.048	155	0.079	272	0.899	1 212	6.1
Aubergine	40.1	0.70	25.3	0.72	16.07	3.58	6.0	49.7

It will be obvious that comparing the activity of oxidizing enzymes and the content of vitamin C in objects so widely different as regards their internal condition and qualities, cannot possibly prove the existence of a physiological dependence between these characteristics. And what is actually found in this usual way, appears to be a purely formal correlation.

When the synthesis of ascorbic acid is studied in various tissues, it becomes evident that only objects in a condition of active life activity are able to build it up. This is very convincingly proved by the state of affairs in the stock of cabbage (Table 4).

Table 4

Date of testing	Test-piece	Ascorbic acid, mg %		Peroxidase activity	Ascorbinase activity
		infiltration with H_2O	infiltration with glucose		
12 Jan. 1940	Stock of cabbage No. 1 . .	45.3	45.2	—	—
27 March 1940	Same at the outset of germination	48.6	52.4	—	—
4 April 1940	Same on germination	47.6	49.1	10.3	1.25
16 » 1940	Same on germination	50.0	51.7	17.6	1.35
19 Sept. 1940	Same from a ripe head . . .	60.12	—	3.2	0.89

During winter, while in the state of dormancy (December and January), the stock of cabbage is unable to synthesize vitamin C from the sugars infiltered in the tissues. But in the spring (March and April) when the stock is nearing germination and its enzymic activity is awakened, the synthesis of vitamin C becomes possible and is even very successful.

Now we reach the conclusion that the presence of sugar is not the only condition for the synthesis of vitamin C to take place. The second condition is that redoxy processes should be intensive enough in the tissues, since it is by way of oxidizing transformations that the molecule of sugar is converted into vitamin C.

Institute of Biochemistry.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
11. III. 1941.

REFERENCES

[1] Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и Н. С. Спиридонова, Биохимия, 4, вып. 3, 268 (1939). [2] Б. А. Рубин и Н. С. Спиридонова, там же, 5, вып. 2 (1940). [3] Иванов, Проблема витаминов, 2-й сб. (1937).

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOCHEMISTRY

STRUCTURE AND INSECTICIDAL PROPERTIES OF ORGANIC COMPOUNDS

By N. N. MELNIKOV, N. D. SUKHAREVA and M. L. FEDDER

(Communicated by S. S. Nametkin, Member of the Academy, 27.II.1941)

No large group of organic compounds has been investigated as yet systematically for efficacy against parasitic insects. It is very likely, however, that such an investigation may reveal insecticidal power in some substances which are not injurious to man or animals. By their means many infectuous diseases known to be transmitted by insects could be controlled. From these considerations has grown up our interest in the problem. According to desultory information found in patents and periodical literature (1), esters of certain carboxylic acids and their substitution products are highly efficient against vermin. Therefore we began first of all by the synthesis and investigation of a series of esters of chloroacetic, thiocyanoacetic and α-thiocyanobutyric acids.

Most of the thiocyanoacetates and α-thiocyanobutyrates obtained are not described in the literature, although in old papers, belonging to the end of the XIX and the beginning of the XX centuries, as well as in some patents that have appeared lately, some information may be found related to certain compounds of this series (1, 2); but no mention whatever of even the main constants of the synthetized compounds has been made. We therefore give in the experimental part of the present paper all the necessary material in full.

The majority of the compounds prepared were tested upon *Pediculus vestimenti* and partly upon *Cimes lactularius* and their ova. The tests were carried out using the immersion method. In Table 1 the minimum lethal doses of the preparations are given, leading to a 100% destruction of the insect. The substances were applied as soap-aqueous emulsions of a corresponding concentration.

On the base of the data given in Table 1, the following regularities may be derived.

1) Esters of thiocyano-substituted acids are much more potent insecticides than the corresponding esters of chloro-substituted acids and esters having no active functional group in the hydrocarbon radical of the acid.

2) The insecticidal efficacy of thiocyanoacetates and α-thiocyanobutyrates increases with the increase of the molecular weight of the alcoholic radical, although the rise of the insecticidal efficacy in the case of α-thiocyanobutyrates with the increase of the molecular weight of the alcoholic radical takes place only to a certain limit, after which it decreases. Such a phenomenon

Table 1

Formula	Death-rate of *Pediculus vestimenti* from a 0.5% solution, in %	Minimum lethal concentration for *P. vestimenti*		Minimum lethal concentration for the ova of *P. vestimenti*		Minimum lethal concentration for *Cimes lactularius*		Minimum lethal concentration for the ova of *Cimes lactularius*	
		%	moles	%	moles	%	moles	%	moles
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOCH_3$	100	0.5	0.0382	0.25	0.0192	1	0.0764	0.025	0.0019
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_2H_5$	88	1	0.0689	0.25	0.017	1	0.0689	0.025	0.0017
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_3H_7$	95	1	0.0630	0.1	0.0063	1	0.0630	0.025	0.0016
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_4H_9$	98	1	0.0578	0.1	0.0057	0.5	0.0289	0.025	0.0014
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_4H_9i$	98	1	0.0578	0.25	0.014	1	0.0578	0.025	0.0014
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_5H_{11}i$	99	1	0.0534	0.1	0.0053	1	0.0534	0.05	0.0026
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOC_8H_{17}$	100	0.025	0.0011	0.1	0.0045	0.1	0.0045	0.1	0.0095
$CNS \cdot CH_2 \cdot COOCH_2CH = CH_2$	89	1	0.0615	—	—	—	—	—	—
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOCH_3$	37	2	0.126						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOC_2H_5$	44	2	0.115						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOC_3H_7$	71	1.5	0.079						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOCH_4N_9$	95	1.5	0.074						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOC_4H_9i$	83	>2	0.099						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOC_5H_{11}i$	100	0.5	0.023						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOC_8H_{17}$	99	1	0.035						
$C_2H_5 \cdot CH(SCN) \cdot COOCH_2CH = CH_2$	84	>2	0.114						
$CH_3 \cdot COOC_2H_5$	36.5								
$CH_3 \cdot COOC_5H_{11}i$	27.5								
$CH_2Cl \cdot COOC_2H_5$	13.2								
$CH_2Cl \cdot COOC_3H_7$	26.6								
$CH_2Cl \cdot COOC_4H_9$	34.0								
$CH_2Cl \cdot COOC_4H_9i$	32.2								
$CH_2Cl \cdot COOC_5N_{11}i$	29.8								
Green soap 0.5%	6.5								
Control	5.2								

has been observed repeatedly by different investigators in the study of the bactericidal efficacy of homologous series of organic compounds (3). In our case this may be easily explained by a decrease in the penetrability of the compounds investigated through the integument of the insect. A similar phenomenon was observed in the study of the ovicidal properties of the synthesized compounds.

3) An increase of the molecular weight of the hydrocarbon radical of the acid in the majority of the cases investigated decreased somewhat the insecticidal efficiency of the esters.

4) The insecticidal efficacy of allyl thiocyanoacetate and allyl α-thiocyanobutyrate differs but little from the efficacy of the corresponding propyl esters.

1. The chloroacetates were obtained through the esterification of the acid by alcohols in the presence of small amounts of sulphuric acid. The yield of different esters varied from 70 to 90% of the theoretical. The constants of the esters agree almost completely with those found in the literature ([4]).

2. The α-bromobutyrates necessary for the synthesis of α-thiocyanobutyrates were obtained through the esterification of α-bromobutyric acid by the corresponding alcohols in the presence of 0.5—2% (from the weight of the reaction mixture) of sulphuric acid ($d=1.84$), the mixture being heated for 5—6 hours on a water bath. According to data found in the literature, the yield of bromobutyrates using this method is 25—50% ([6]). We, however, obtained these compounds in an 80% yield of the theoretical.

3. The thiocyanoacetates were obtained according to the reaction $ClCH_2 \cdot COOR + KCNS \rightarrow CNSCH_2 \cdot COOR + KCl$. Equimolecular amounts of a monochloroacetate and of potassium rhodanide were dissolved in alcohol, and the solution obtained was refluxed for a short time on a water bath. The precipitated potassium chloride was filtered off, the alcohol distilled and the residue washed with water, dried and distilled in vacuo. The compounds obtained and their properties are given in Table 2. Many of the compounds prepared have not been described in the literature.

Table 2

Formula	Yield %	Analysis on S: Weighed portion, g	Analysis on S: Obtained $BaSO_4$, g	Analysis on S: Found S %	Analysis on S: Calc. S %	Boiling point	d_4^{20}	n_D^{20}	MR found	MR calc.
$C_4H_5O_2NS$ . .	72	0.1436	0.2606	24.92	24.45	114—116° 13 mm	1.2443	1.4800	29.93	30.06
		0.1510	0.2702	24.68						
$C_5H_7O_2NS$ . .	84	0.1332	0.2141	22.06	22.09	118—120° 15 mm	1.1743	1.4719	34.58	34.68
		0.1108	0.1792	22.21						
$C_6H_9O_2NS$ . .	88	0.2045	0.3039	20.36	20.15	108—110° 4 mm	1.1285	1.4700	39.40	39.30
		0.1584	0.2326	20.17						
$C_7H_{11}O_2NS$ . .	88	0.1894	0.2620	18.99	18.52	114—115° 3 mm	1.0975	1.4681	43.87	43.91
		0.1695	0.2312	18.73						
$iC_7H_{11}O_2NS$ . .	92	0.1723	0.2414	19.15	18.52	111—113° 4 mm	1.0927	1.4655	43.84	43.91
		0.1242	0.1731	19.24						
$iC_8H_{11}O_2NS$ . .	68	0.1722	0.2132	17.00	17.13	129—130° 7 mm	1.0725	1.4668	48.40	48.54
		0.1619	0.2009	17.04						
$C_{11}H_{19}O_2NS$ . .	63	0.1848	0.1857	14.00	13.99	185—187° 16 mm	1.0209	1.4670	62.29	62.39
		0.2629	0.2681	13.79						
$C_6H_5O_2NS$ . . .	60	0.1306	0.1981	20.83	20.40	115—117° 5 mm	1.1756	1.4905	38.67	38.82
		0.1608	0.2481	21.05						

4. The α-thiocyanobutyrates were obtained similarly with thiocyanoacetates by the interaction of potassium rhodanide with α-bromobutyrates in an alcohol solution when heated for a short time on a water bath. When the reaction came to an end, the precipitated potassium chloride was filtered off, the alcohol distilled and the residue washed with water, dried and subjected to fractional distillation in vacuo.

The esters obtained and their properties are given in Table 3. Some of the synthesized compounds of this series have not been described in the literature.

Table 3

Formula	Yield %	Analysis on S: Weighed portion, g	Obtained $BaSO_4$, g	Found S %	Calc. S %	Boiling point	d_4^{20}	n_D^{20}	MR found	MR calc.
$C_6H_9O_2NS$	57.5	0.1791	0.2669	20.17	20.15	123—125° 23 mm	1.1315	1.4685	39.13	39.30
		0.1440	0.2139	20.39						
$C_7H_{11}O_2NS$	74	0.1408	0.1923	18.76	18.52	104—106° 7 mm	1.0988	1.4624	43.35	43.92
		0.1602	0.2152	18.45						
$C_8H_{13}O_2NS$	80	0.2248	0.2887	17.64	17.13	125—127° 8 mm	1.0665	1.4635	48.37	48.54
		0.1762	0.2289	17.87						
$C_9H_{15}O_2NS$	75	0.1570	0.1812	15.84	15.93	137—140° 10 mm	1.0589	1.4622	52.25	53.15
		0.1932	0.2275	16.16						
$C_9H_{15}O_2NS$ i	70	0.1354	0.1582	16.05	15.93	125—126° 9 mm	1.0506	1.4600	52.43	53.15
		0.1632	0.1874	15.77						
$C_{10}H_{17}O_2NS$ i	64	0.1654	0.1771	14.71	14.90	120—122° 2 mm	1.0302	1.4615	57.36	57.77
		0.3082	0.3273	14.59						
$C_{13}H_{23}O_2NS$	53	0.1866	0.1643	12.09	12.46	159—162° 5 mm	0.9832	1.4612	71.81	71.63
		0.1932	0.1704	12.10						
$C_9H_{11}O_2NS$	72.5	0.2544	0.3279	17.70	17.31	113—114° 5 mm	1.0986	1.4790	47.70	48.06
		0.4448	0.5670	17.51						

Central Institute for Desinfection.
People's Commissariat for Public Health of the USSR.
Moscow.

Received
4. III. 1941.

REFERENCES

[1] Hartzell and Wilcoxon, Contrib. Boyce Thompson Inst., **6**, 269 (1934); **7**, 29 (1935); Amer. pat. 2203919, 2135987; Fr. pat. 851697; Engl. pat. 361900. [2] Wheeler and Barnes, Am. Chem. J., **24**, 60 (1900); **26**, 345 (1901); Claissen, Ber., **10**, 1346 (1877); Heinz, Lieb. Ann., **136**, 223 (1865); Harries, Ber., **33**, 1156 (1900); Bunemann, J. Chem. Soc., **95**, 119 (1909). [3] Klarman, Gates and Shernow, J. Am. Soc., **53**, 3397 (1931); **54**, 1204, 298, 3315 (1932). [4] Conrad, Lieb. Ann., **188**, 218 (1887); Henze and Rogers, J. Am. Soc., **61**, 433 (1939); Listem and Dehn, ibid., **60**, 1264 (1938). [5] Duvillier, Ann. Chim., **17** (5), 555 (1879); Volhard, Lieb. Ann., **242**, 162 (1887); Denlofen Bull., **43** (4), 549 (1928); Michael, Ber., **34**, 404 (1901); Schreiner, Lieb. Ann., **197**, 15 (1879).

Translated by A. Platé.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

BIOCHEMISTRY

CATALASE IN VINE SHOOTS

By E. A. MAKAREVSKAJA and K. M. ILURIDZE-MOLCHAN

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 25.V.1940)

In our previous communication ([6]) the activity of catalase in vine shoots was considered in relation to the conditions of their storage before grafting*. Then it was pointed out that the high activity of catalase preceding a rapid expansion and strong growth of buds may at the same time betray weak rooting and insufficient callus formation by the shoot in hothouse. Now we turn again to our data on storage and healing of the site of union, but this time in order to consider them from a somewhat different angle.

1. Various indices in the physiological condition of shoots, when they are kept or making their union with the stock, have shown that among the shoot active varieties of *Vitis vinifera* with regard to catalase are the scion varieties from Eastern Georgia—Saperavi and Rkatsiteli and the stock varieties 101-14 and 3309 which are hybrids of Riparia × Rupestris. On the other hand, the hybrids obtained from crosses with Berlandieri 420A (Riparia × Berlandieri) and 41B (Shasla × Berlandieri) are less active.

Comparing these data with the low indices for this enzyme in southern forms of barley, as reported by Ivanov and Elizarova ([2],[3],[4]), we see that in our case the low indices are with the scions from Western Georgia where the climate is milder and warmer. Berlandieri, from which hybrids of low activity have arisen, is a plant native to the south of the U. S. A. More active are the hybrids obtained from Riparia, which most often occurs in the Eastern states as well as along the banks of Mississippi and Missouri ([1]). Among the stocks enumerated Riparia is expressed the most strongly in 101-14, whose activity is the highest (Table 1)**.

We are inclined to believe, however, that there are certain conditions which may make the varietal indices liable to change. And if in the West-Georgian variety Tsitska (pure *Vitis vinifera*) which has been grown there for 20 years, the activity of catalase shows a very stable low value (Table 1). it may be seen, on the other hand, from the same table that the hybrids of American vines, 420A and 3309, have changed their indices in the hothouse after being kept at 8° C. In general, we can predict in the case of American

* The shoots are used in grafting when one year old.

** The figures in Table 1 are means of two determinations. Grafting took place in the hothouse at 28° C. The varieties from Western Georgia underwent storage at only one temperature and were not kept in the hothouse. One of the West-Georgian varieties was taken from Eastern Georgia (Mukuzani) together with Saperavi and Rkatsiteli.

Table 1

Activity of Catalase (cm^3 of O_2 set free in 5 min. by 1 g of dry matter)

	Period	of storage				of forming the union			
	Keeping temperature, °C / Variety	−3	3.5	8	Mean	−3	3.5	8	Mean
Stock from Eastern Georgia	101-14	91	108	95	98	87	86	85	86
	3309	86	95	76	89	74	70	57	67
	41B	78	82	71	77	72	68	50	63
	420A	42	54	47	48	65	63	71	66
Scions from Eastern Georgia	Rkatsiteli	66	73	92	77	81	80	72	78
	Saperavi	67	81	90	79	105	78	78	87
	Tsitska	50	60	68	59	63	56	52	57
Scions from Western Georgia	Tsolikauri	—	60	—					
	Alexandreuli	—	55	—					
	Chkhaveri	—	40	—					
	Tsitska	—	—	63					

vines which are hybrids of various *Vitis*, that, according to the condition available, they will change their high index into a low one, and conversely. Some data at our disposal show that when the highly active variety 101-14 is kept in a ground condition, it loses its activity two times more rapidly than does 420A ([5]), and long keeping can reduce the activity of 101-14 to a value characteristic of 420A, if not even lower.

It is well to point out that while the group of scions (*Vitis vinifera*) shows considerable activity at a high temperature of storage (8° C), the group of stocks (other *Vitis*—American vines) is very active at a lower temperature. We hope to get able of clearing up this physiological peculiarity in the future.

2. The close relation discovered by Eiler and his disciples between the content of chlorophyll and the activity of catalase ([7]) has failed under our experimental conditions to hold true for the grape-vine which, in general, is very high in chlorophyll. The varieties with a high content of chlorophyll sometimes showed a poor activity (for instance, Tsitska), while those very active were often lower in chlorophyll (101-14).

Some variety (Rkatsitely, for instance) when kept at −3° C was found to have its highest content of chlorophyll attended by the least index of catalase. And conversely: keeping at 8° C gave the highest index of catalase along with the lowest content of chlorophyll.

3. In shoots that have lately emerged from the ground catalase is far more active than in one year old shoots (compare Tables 1 and 2).

Table 2

Activity of Catalase in a Fortnight Old Shoots (cm^3 of O_2 per 1 g of dry matter)

Keeping temperature, °C / Variety	−3	3.5	8
Rkatsiteli	200	280	390
Saperavi	312	380	377

It will be obvious that as the shoot grows and ripens its catalase decreases in activity, just as in the case of ripening seeds ([4]). This is confirmed also by our comparative estimations of catalase activity in the apical and basal part of the shoot ([5]) as well as by the data secured by Tavadze ([8]).

There are therefore grounds to suppose that if the activity of catalase at the end of the growing season is known, the ripeness of the shoot can be determined. And the degree of maturity is an important point to clear up, when we are to proceed to grafting, though no convenient and accurate methods are as yet available for its proper determination.

Conclusions. Catalase is very active in the grape-vine shoot. It characterizes the variety as well as certain points in the life-activity of the shoot; it is also alert to changes of temperature during storage. If the temperature varies, so does the activity of catalase, and with it the manifestations of the life-activity of the shoot are liable to variation, too.

Received
26. V. 1940.

REFERENCES

[1] Н. П. Бузин, Я. И. Принц и др., Виноградарство (1939). [2] С. С. Елизарова, Биохимия, 2, № 2 (1937). [3] S. S. Elizarova, Bull. Acad. Sci. URSS, sér. biol., 2, No. 5 (1937). [4] Н. Н. Иванов и М. И. Лишкевич, Тр. прикл. бот., ген. и сел., 21, № 4 (1929). [5] Е. А. Макаревская, Сообщ. Груз. ФАН, 1, № 5 (1940). [6] E. A. Makarevskaja and R. M. Iluridze-Molchan, C. R. Acad. Sci. URSS, XXVI, No. 5 (1940). [7] В. П. Нилова, Тр. прикл. бот., ген. и сел., сер. 3, № 14, 97 (1936). [8] P. G. Tavadze, C. R. Acad. Sci. URSS, XXIII, No. 4 (1939).

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GENETICS

COLCHICINE INDUCED AMPHIDIPLOIDS OF *TRITICUM TURGIDUM* × *TRITICUM TIMOPHEEVI*

By A. R. ZHEBRAK, Member of the Academy of the White Russian SSR

In order to obtain a great variety of amphidiploid types of wheat, *T. turgidum* was included in crosses with *T. Timopheevi*. This species has attracted our attention because some of its varieties are characterized by high yields with a large number of grains per spike and per spikelet. As the amphidiploids *T. durum* × *T. Timopheevi* are intermediate, with regard to the number of grains per spike, between the initial parent forms, the participation in the crosses with *T. Timopheevi* of a species having a large number of grains per spikelet was likely to give amphidiploids with a higher number of grains in a spikelet or a spike. This was the reason why *T. turgidum* was introduced by us in the list of wheats we attempted to cross with *T. Timopheevi*.

Early in 1939 we picked up different varieties of *T. turgidum* among those available in the collection of the Institute of Plant Industry. In selecting them special attention was given to the number of grains and the form of spike. The variety *rubriatum* from Bavaria, No. 20777 in the catalogue of the Institute, appeared to be of particular interest. This variety is characterized by a red spike, pubescent spikelet scales, a square spike cross-section, and its number of grains per spikelet is nearly four, the total number of grains in some of the spikes exceeding 90. Along with several other varieties it was planted in the plots of the Department of Genetics of the Timiriazev Agricultural Academy. In the catalogue it was referred to as a winter wheat; therefore we kept the germinated seeds to be planted in a refrigerator at 0—2° C for about one and a half months in order to secure heading in the year of planting. By the end of April the seeds were planted, and in the same year several varieties of *T. turgidum* and *T. Timopheevi* were crossed with one another (Table 1).

Table 1

Combinations	Number of pollinated flowers	Number of hybrid grains obtained	Rate of fruit setting, %
T. turgidum var. *rubriatum* × *T. Timopheevi* . .	3 477	109	3.1
T. turgidum v. *Herrerae* × *T. Timopheevi*	933	188	19
T. turgidum v. *Dreischianum* × *T. Timopheevi* .	718	92	12.8

The two last varieties were crossed by the end of June or at the beginning of July; crossing with variety *rubriatum* was done late in July, and the low rate of fruit setting may therefore be due to the external conditions prevailing at the time of crossing.

Table 2

Cross-components and No. of experiment	Number of hybrid seeds in the test	Concentration of colchicine solution, %	Interval of treatment in hrs	Number of plants that survived	Number of entirely amphidiploid plants	Number of plants with amphidiploid spikes	Total number of spikes	Number of amphidiploid spikes	Number of seeds in amphidiploid spikes	Number of absolutely sterile spikes	Number of spikes with single seeds	Number of seeds in partly fertile spikes
T. turgidum v. *rubriatum* × *T. Timopheevi*:												
8	25	0.05	48	3	—	2	30	8	189	21	1	2
49	30	0.0125	20+48	21	2	17	155	57	1 624	87	11	14
106	20	0.0125	54	1	1	1	2	2	10	—	—	—
T. turgidum v. *Herrerae* × *T. Timopheevi*:												
50	27	0.0125	20+40	17	2	13	157	53	970	98	6	8
94	11	0.0125	17	7	2	6	48	22	257	25	1	1
		0.025	48									
126	30	0.025	22	20	—	—	223	—	—	207	16	17
T. turgidum v. *Dreischianum* × *T. Timopheevi*:												
53	5	0.0125	20+40	23	3	21	133	69	1 342	56	8	13
95	27	0.0125	17	5	2	3	35	7	110	28	—	—
	38	0.025	49									

The hybrid seeds obtained were subjected to colchicine treatment, the purpose being to double their chromosome number. In these experiments repeated action of colchicine was used in some crosses. At first dry seeds were soaked in a colchicine solution and then rinsed with water and placed in a thermostat for germination. After germination they were soaked again in the colchicine solution. This method gave very satisfactory results, which are summarized in Table 2.

It may be seen from the tabulated data that with repeated action of colchicine one has been able to obtain a very high number of amphidiploid spikes and seeds. The most prominent success is the fact that in a series of tests (49, 106, 50, 94, 53, 95) there were obtained plants with no other but amphidiploid spikes. On the other hand, not a single amphidiploid spike was obtained in test 126, where the plants were treated with weak solutions of colchicine for a short time. This must be taken to mean that a weak concentration of colchicine was unable within a short interval to induce the changes aimed at.

These experiments and some other made with other interspecific wheat hybrids give ground for recommending the following dosage: in such combinations of interspecific cereal hybrids in which well filled and normally viable seeds are obtained, the colchicine treatment should be applied twice, first to dry seeds,

and then to seedlings. In combinations yielding poorly filled and poorly viable seeds a better method is to treat the seedlings rather than seeds.

Of great interest is also the fact that amphidiploid forms with a high number of grains per spikelet were obtained in these experiments. The variety *rubriatum* proved of great value in crossing with *T. Timopheevi*. The spike of this variety contains 24, 25 and more spikelets, each including about 4 grains. The spike in cross-section is square in shape, red in colour; its scales are pubescent. In *T. Timopheevi* the spike is flat, its lateral side is broader than its front side. The spike of *T. turgidum* × *T. Timopheevi* amphidiploids is similar in form and colour to that of *T. turgidum*, but for a somewhat smaller length. The best spikes of the amphidiploids contain 20—21 grain bearing spikelets, the average number of grains per spikelet amounting to 3.15. This is considerably higher than the number of grains per spikelet in *T. Timopheevi* which has less than two, and nearly as high as the number of grains per spikelet in *T. turgidum*.

T. turgidum v. *rubriatum* × *T. Timopheevi* amphidiploids are the most productive among the wheat amphidiploids obtained by us in 1938—1940. In respect of productivity they yield very little to the more productive parental species.

The kernel of the amphidiploid is longer than that of *T. turgidum*, but somewhat shorter compared to *T. Timopheevi*. It is of not quite symmetrical shape and is not very well filled. Its absolute weight of grain was estimated by weighing all grains, numbering 207 in five spikes. Their weight proved to be 12.8 g, which is 61.8 g per thousand.

Fig. 1. Chromosome set of *T. turgidum* v. *rubriatum* × *T. Timopheevi* amphidiploid.

The somatic number of chromosomes was determined in the rootlets of two plants (test 49) of the combination *T. turgidum* v. *rubriatum* × *T. Timopheevi* obtained from the seeds of a normal productive amphidiploid spike. The number of chromosomes in the somatic cells is equal to the sum of diploid sets of the two parental forms, which is 56 (Fig. 1).

The amphidiploids of *T. Timopheevi* with different varieties of *T. turgidum* differ greatly between one another in many particulars including spike and grain indices. *T. turgidum* × *T. Timopheevi* amphidiploids are ranked by us as an independent 56-chromosome species *T. sovieticum* ([1],[2]), and those among them obtained from different varieties of *T. turgidum* are considered as different varieties and strains of that species. The number of subspecies, varieties and strains within *T. sovieticum* is likely to be increased as amphidiploids from new species, varieties and strains of 28-chromosome wheats will be obtained. *T. turgidum* v. *rubriatum* is a winter form, though one poorly resistant to cold; it is killed by the frost if planted in autumn, and if planted in the spring fails to form ears. In *T. turgidum* v. *rubriatum* × × *T. Timopheevi* amphidiploids we have obtained a spring form, in which the winter habit of *T. turgidum* v. *rubriatum* is hidden as a recessive character.

Department of Genetics.
Timiriazev Agricultural Academy. Moscow.

Received
30. XII. 1940.

REFERENCES

[1] A. R. Zhebrak, C. R. Acad. Sci. URSS, XXV, No. 1 (1939); XXXI, No. 5 (1941).

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

GENETICS

EFFECT OF INBREEDING UPON THE RATE OF MUTATION

By V. V. SACHAROV and K. V. MAGRZHIKOVSKAYA

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 7.III.1941)

The authors of the present paper have been working for many years on the problems of the action of external factors on the mutation process ([1–7]). The same problem was investigated by a group of students in close contact with us ([8–11]). In order to make it possible quantitatively to compare the mutation effect produced by various external factors, the same initial material was used for our work carried on on a large scale. As initial material an inbred line of *Drosophila melanogaster* was used marked by the signal gene *forked*. This stock, started by V. V. Sacharov in the spring of 1935, has been strictly inbred since then (for each subsequent generation a virgin female was crossed with her brother).

A great number of cultures served as control. From the latter we were able to judge of the rate of spontaneous mutation in the stock *forked*. Abundant data accumulated in the course of a number of years enabled us to establish in the stock *forked* a peculiar variability of this rate. This variability points to the indubitable rôle played by internal factors in the mutation process. In our line which could be considered a «pure line» the mutation proved to affect not only the morphological and physiological characters, but the genetic basis of mutability itself by changing the rate of the mutation process, viz. by creating such conditions as could directly affect its own nature.

The method applied was the following. The genetic analysis was made by the usual *ClB* method in order to register the number of newly arising sex-linked spontaneous mutations. Every initial male *forked* was individually examined and, if the progeny of such a male contained two or several lethals, the loci of the newly arising mutations were invariably determined. Thus, it was possible to determine whether several different mutations or a bundle of identical mutations were present. It should be emphasized that only the number of different newly arisen mutations are described in the present paper, whereas the total of mutations is not considered.

The inbred line *forked* for the crossing was in all cases given by V. V. Sacharov. The greater part of the material shown in the table served as control for some or other experiment. However, we found it expedient to include into these data a small amount of experimental material in those cases when the experiment gave clearly negative results in the sense of the action of one or another utilized environmental factor.

A total of 81457 chromosomes were examined and 185 spontaneous mutations of different origin found. The material was divided into three periods, differing markedly from one another as regards mutation rate, which primarily showed a pronounced decrease, followed by an intense increase. In so far we cannot describe here the data for the three periods separately, it should be mentioned that the changes in the mutation rate were noted simultaneously and in the same direction by different authors. The percentages of spontaneous mutations obtained in each separate work show but a slight deviation from the general per cent of mutations characteristic of each given period.

The periods determined on the material itself are unequal with regard to time and are not connected with any changes in the environment (season, peculiarities of temperature conditions, etc).

Period	Mutational stages			Number of chromosomes studied	Mutations	
	Time of start and end	Total duration	Generations of inbreeding		Number	%
I	March 1935—June 1938	3 years and 3 months	1—72	51373	124	0.241 ± 0.022
II	Sept. 1938—Febr. 1940	1 year and 6 months	79—112	17725	22	0.124 ± 0.026
III	May 1940—Dec. 1940	8 months	119—135	12359	39	0.316 ± 0.050
I+II+III				81457	185	0.227 ± 0.017

Period I embraces thirteen investigations carried on within the first three years after foundation of the inbred stock. At this time the line is characterized by a high frequency of spontaneous mutations manifest in almost all the thirteen experiments. The total per cent of spontaneous sex-linked mutations equals $0.241 \pm 0.022\%$, this value considerably exceeding that obtained by Timofeeff-Ressovsky ([12]) on his material containing eight stocks of *Drosophila melanogaster* from different geographical points of the globe. In none of the eight cases did the per cent of spontaneous mutation rise above 0.19. Per 68221 chromosomes studied he obtained $0.143 \pm 0.014\%$ of mutations. At the first period of our work 10.14% were found in one experiment out of the thirteen referring to this period ([9]).

Period II differs markedly from period I by a pronounced decrease in the per cent of spontaneous mutations. This has been noticed by all those who worked with the stock *forked* at that time. The decrease in mutation frequency as compared with period I is statistically significant. Diff. $I-II = 0.117 \pm 0.034\%$. The difference exceeds its possible error 3.44 times.

Period III shows a new pronounced increase in the frequency of spontaneous mutations, and attains the highest per cent ($0.316 \pm 0.05\%$). The difference of the mutation frequency of periods III-II is statistically significant. Diff. $III-II = 0.192 \pm 0.057\%$. Ratio $= 3.37$.

The above data on the spontaneous mutation process in a steadily and rigorously inbred stock reveal a peculiar picture of the hereditary variation which becomes manifest first in the decrease of the frequency of the newly arising mutations and then in a marked rise of this frequency. It is clear that the cause of such fluctuations lies in the mutation process itself, which may call forth the occurrence of new genotypical factors controlling its own nature.

We seem to have fixed at once by inbreeding in the stock *forked* the mutable factors present ther which had caused the high initial mutation

per cent. The subsequent decrease in the mutation rate (period II) cannot be explained by anything else but the arising of new factors reducing mutability. Finally, the last decrease (period III) might have been caused either by a loss of one of the above factors suppressing mutability, or by the arising of factors markedly increasing the rate of mutation.

We do not know a single work devoted to the study of the mutation process during inbreeding, however, we have data showing that upon continuous rearing of *Drosophila* cultures under laboratory conditions marked fluctuations were observed in the frequency of the mutations arising in these cultures ([13–17]). We believe that these fluctuations are underlain by the same variation phenomena of the mutable factors, as those observed on our material along with chance selection (assortment) of existing factors going to increase or decrease the mutation process. We are confident that these causes can serve to explain the existence in nature of «mutable stocks» reported in recent literature ([18]). Data by Timofeeff-Ressovsky ([12]) seem rather peculiar in this connexion. A comparative study of the mutation rate in the sex chromosome in eight stocks of *Drosophila melanogaster* taken from remote points of the globe gave Timofeeff-Ressovsky ground to speak of a striking uniformity in the frequency of the spontaneously arising sex-linked lethal mutations; in his opinion the differences in the total mutation frequency, which depend on the stocks themselves, can be neither frequent, nor important. His conclusion seems to us erroneous from the viewpoint of the general concept of the rôle played by the internal factors in the development. Data obtained from a study of experimental stocks and of population caught in nature seem also to disprove this conclusion.

Institute of Cytology, Histology and Embryology.
Academy of Sciences of the USSR.
Pedagogical Institute. Moscow.

Received
8. III. 1941.

REFERENCES

[1] В. В. Сахаров, Биол. журн., **1**, № 3—4, 1 (1932). [2] W. W. Ssacharow, Genetica, **18**, No. 3/4, 193 (1936). [3] В. В. Сахаров, Биол. журн., **7**, № 3, 595 (1938). [4] В. В. Сахаров, Журн. общ. биол., **1**, № 2, 271 (1940). [5] В. В. Сахаров, там же, **1**, № 3, 493 (1940). [6] К. В. Магржиковская, Биол. журн., **7**, № 3, 635 (1938). [7] К. В. Магржиковская, Учен. зап. гос. пед. ин-та, **22**, № 1, 101 (1940). [8] В. А. Науменко, Бюлл. эксп. биол. и мед., **1**, № 3, 199 (1936). [9] Д. Е. Козюпа, там же, **2**, № 2, 92 (1936). [10] Б. Н. Биркина, Биол. журн., **7**, № 3, 653 (1938). [11] В. П. Пономарев, там же, **6**, № 1, 69 (1937). [12] N. W. Timofeeff-Ressovsky, Biolog. Zntrbl., **60**, No. 4/5, 267 (1940). [13] W. P. Spencer, Amer. Natural., **69**, No. 722, 223 (1935). [14] H. H. Plough and C. J. Holthausen, Genetics, **22**, No. 1, 203 (1937). [15] H. H. Plough and C. J. Holthausen, Am. Nat., **71**, No. 733, 185 (1937). [16] M. Demerec, Genetics, **22**, No. 1, 190 (1937). [17] M. Demerec, ibid., **22**, No. 5, 469 (1937). [18] G. G. Tiniakov, C. R. Acad. Sci. URSS, XXII, No. 9 (1939).

Translated by C. Moisseenko.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

CYTOLOGY

COLCHICINE INDUCED TETRAPLOIDS IN CHRYSANTHEMUM

By V. V. KHVOSTOVA and S. J. GOLDAT

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 7.III.1941)

Pyrethrin is considered now to be one of the best insecticides (1), since it has the great advantage of being toxic for insects and other invertebrates, while it is harmless for vertebrates. Pyrethrin is obtained from the so-called insecticide forms of chrysanthemum. The principle of the plants are two esters termed pyrethrin I and pyrethrin II. There are several pyrethrin containing species of chrysanthemum: *Chrysanthemum* (*Pyrethrum*) *cinaerarifolium*, *Chrysanthemum carneum* and *Chrysanthemum roseum*.

The task we set before ourselves was to produce tetraploid forms of chrysanthemum. It is known that tetraploids possess, as a rule, larger flowers than diploids. Pyrethrin is found mainly in the tubular florets. Besides, there are grounds to believe that the amount of some chemical substances is higher in tetraploid plants as compared to diploid ones.

In connexion with data reported by a number of authors (2-7), the production of tetraploids in insecticide chrysanthemum species is of great importance, since the forms with larger flowers and a higher pyrethrin content are of great practical value. All the pyrethrin species of chrysanthemum are perennial. We used both perennial (*Ch. cinaerarifolium*, *Ch. carneum*, *Ch. roseum*) and annual forms containing but traces of pyrethrin (*Ch. segetum*, *Ch. coronarium* and *Ch. viscosum*). Annual plants were used in order to obtain results more rapidly.

The treatment was applied to the growing points and seeds; the concentration of the colchicine solutions used was from 0.01 to 0.2%. A striking difference was found between the response of perennial and annual plants to colchicine treatment. The seeds of annual plants germinated and took root after treatment with 0.2, 0.1% colchicine solutions in a rather high per cent of cases (20—40%), whereas the seeds of perennial plants did not take root after treatment with similar solutions, surviving to concentrations not exceeding 0.01 and 0.05%. When drops of a 0.2% colchicine solution were applied to the growing point of annual seedlings at the cotyledon stage, the results were good, whereas perennial seedlings stopped growth after treatment.

Tetraploids were identified by way of examinig the size of the stomata and pollen grains. The seeds, taken from plants with increased pollen size, were examined for their chromosome number. In the progeny of the treated plants of all the three annual species plants with an increased chromosome number were found. Most of the 25 plants in the progeny raised from one of the treated plants of *Ch. segetum* proved tetraploid, 3 or 4 were triploid and

2 were diploid. In *Ch. coronarium* two tetraploids were found among the seeds from treated plants; in *Ch. viscosum*—one triploid (produced by the union of the diploid gamete with the normal haploid one).

The tetraploids differed from the diploids by their thicker stems and leaves, longer and wider leaf lobes. The tubular florets were larger and the diameter of the head longer (without the ligulate florets). In the diploids and tetraploids the ligulate florets are of the same size. Flowers, stems and leaves of tetraploid and control diploid plants were examined for pyrethrin content. The analyses were made at the Chemical Laboratory of the Institute for Aromatic and Medicinal Plants. The results obtained are shown in the table.

Plant	Flowers	Leaves	Stems
Ch. segetum			
Diploids	0.06	0.03	0.04
Tetraploids	0.12	0.05	0.02
Ch. coronarium			
Diploids	0.08	0.04	0.03
Tetraploids	0.18	0.04	0.03

The table shows that the per cent of pyrethrin in the tetraploids is double as compared to the diploids.

True enough, the substance obtained gave no qualitative (Denijé) reaction to pyrethrin. It may as well be no pyrethrin but some other ester, near to pyrethrin though not toxic. The Caucasian chrysanthemums *Ch. carneum* and *Ch. roseum* contain up to 0.8% of pyrethrin I and give a well pronounced qualitative reaction. However, this is of no particular importance, since we hardly could hope to obtain practically valuable forms from annual plants. The fact is that in tetraploids flowers are larger than in the diploids and that the per cent of chemical substances approaching pyrethrin is double. It should be noticed that no reduced fertility has been observed in tetraploids. If similar characters are obtained in tetraploid perennial plants, these will be of direct practical value.

However, the production of tetraploid seeds in perennial plants involves considerable difficulties, since they are self-sterile, cross-fertilizers and develop much more slowly.

Two plants of *Ch. carneum* with increased pollen were obtained after treatment of seeds with colchicine. The tubular florets were much larger, but the plants began flowering very late and failed to germinate in the hothouse. The third plant gave several triploid seeds. Besides, lately we obtained by colchicine treatment many plants of the three toxic species (*Ch. cinaerarifolium*, *Ch. carneum*, *Ch. roseum*). To judge by the phenotype and by the size of stomata they are tetraploids. In summer these newly obtained forms will be vegetatively propagated and closely studied.

Institute of Cytology, Histology and Embryology.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
8. III. 1941.

REFERENCES

[1] Н. В. Цицин, Соц. сел. хоз., № 1, 56 (1941). [2] T. W. Sansome and S. S. Silva, Biochem. Jrnl., **30**, 54 (1936). [3] H. Oka, Jrnl. Hort. Ass. Japan (1940). [4] M. B. Crane and S. S. Silva, Jrnl. Pom. Hort. Sci., **9**, 228 (1931). [5] M. B. Crane and S. S. Silva, Bioch. Jrnl., **26**, 177 (1932). [6] H. Nilsson-Ehle, Hereditas, **24**, 195 (1938). [7] J. Noguti, H. Oka and T. Otuka, Jap. Jrnl. of Bot., **10**, 343 (1940).

Translated by C. Moisseenko.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

PLANT PHYSIOLOGY

CARBOHYDRATE COMPLEX IN THE POTATO GROWN IN ARCTIC REGIONS

By S. A. KASPAROVA and I. V. GLAZUNOV

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 5.III.1941)

The development of industrial centres in the Arctic has immensely increased the requirement in garden crops there, and so the problem of moving these crops to the extreme North has come to the fore. Among the garden crops cultivated inside the Arctic circle the culture of the potato meets at the present time with no great difficulties, and even high yields can be obtained. Less investigated are the biochemical processes which determine the quality of potatoes grown in those latitudes. With regard to biochemical and physiological processes there is a great difference between the potato grown under severe conditions of the Arctic, and that moved from the South.

In studying biochemical processes in potatoes, one is confronted with an array of difficulties connected not merely with the lack of heat in the North, but with many other conditions which are not always easy to make out; such are the peculiar photoperiods prevailing there, the quality of the sunlight and the specific conditions of mineral and aerial nutrition. Our investigations are the first attempt to study the biochemical processes that take place in the potato grown under Arctic conditions. The experiments have been carried on with different varieties of potato, each of them being represented by strains raised at the Arctic station of the Institute of Plant Industry (Chibiny), and by strains raised at the Zonal station of the province of Murmansk, where the soil and climatic conditions are sharply different.

At Chibiny planting was done on June 3—10, in light loam and low bog soil. The fertilizers introduced per hectar of the bog soil were: superphosphate, 90 kg; ammonium sulphate, 40 kg; potassium salt, 120 kg; the light loam mineral soil was dressed with 80 kg of superphosphate, 60 kg of potassium salt and 40 kg of ammonium sulphate. At the Zonal station the potato was planted June 13. The soil consisted of heavy loam, occasionally with slight admixtures of clay. The fertilizers were applied in the same proportions.

At Chibiny the plants made slow growth during the growing period. The weather was not quite favourable for the development of potatoes. There were 93 days without frost within this period. The first summer frost (—1.5° C) occurred on August 7. Strong fluctuations of temperature were observed during the droughty months of July and August. Such temperature conditions and the poor amount of precipitation during the growing period created critical moments for the growth and development of potatoes. The period of high temperatures coincided with the lack or even complete absence

of precipitation. Contrary to this, the climatic conditions at the Zonal station favoured a vigorous development of potatoes. The several days with frost (—2.5° C) that occurred in the month of August had no appreciable effect upon the development of plants. On the other hand, the plants grown at Chibiny were strongly influenced during their development and formation by the environment, and this, of course, could not but tell upon the intracellular processes of the tubers. Of special interest in the chemistry of potato grown in the Arctic are the variations in the content of carbohydrates, about which our attention has mainly centered. With regard to the content of starch, the varieties investigated fall into two groups: those poorly stored and those heavily stored with starch (Table 1).

Table 1

Variety	District of cultivation	Carbohydrates (in %) in 1 g of dry matter				Total of soluble carbohydrates
		starch	monosaccharides	sucrose	maltose	
Vermont . . .	Chibiny	80.0	5.1	1.7	1.3	8.1
» . . .	Murmansk	48.0	18.0	1.9	2.7	22.6
Umptek . . .	Chibiny, mineral soils	72.0	4.6	0.9	3.1	8.6
» . . .	Chibiny, bog soils	62.0	10.5	0,7	3.6	14.8
Wagner . . .	Chibiny	74.0	8.7	1.0	2.1	11.8
Imandra . . .	»	77.0	7.1	1.1	1.7	9.9
Snejinka . . .	»	61.5	6.8	2.1	2.2	11.2
» . . .	Murmansk	50.0	15.2	1.8	2.3	19.2
Cobler	Chibiny	—	12.6	1.6	1.4	15.6
»	Murmansk	52.0	13.1	3.1	1.5	17.7

Under the influence of climatic and soil conditions the potato varieties cultivated in the North decrease in starch to such an extent, that those which otherwise belong in the first group are reduced to the rank of the second. This biological peculiarity of northern potato varieties shows that the biochemical indices which are of practical value in characterizing potatoes cannot be said to be very stable.

Among the soluble carbohydrates a predominant position is held here by the monosaccharides, whose storage appears to be a specific feature of the potato varieties grown in the North. In all potato varieties, irrespective of the conditions of growing, the storage of starch is in inverse relation to the content of monosaccharides and to the total of soluble carbohydrates; the higher the ratio of sugar to starch, the lower the starch content, as is obvious from Table 1.

The different content of carbohydrates, and hence of the total sugar in the varieties tested, is accounted for by the action of the amylase and the invertase. As the activity of the amylase grows, the content of starch undergoes a rapid decrease, which is made evident by the data of Table 2.

Table 2

Duration of storage	Activity of amylase	Starch (% by weight) in dry matter	Mean % of starch
January . .	up to 20 mg of starch decomposed	72.0—67.0—55.0—71.0—77.0—72.0—75.0	70.0
May		68.5—61.0—70.0—73.5—66.0	68.0
January . .	20 mg and higher	51.5—51.0—64.0—78.0	61.0
May		47.0—64.5—75.0—67.5	63.5

It will be apparent that high-in-starch potato varieties are characterized by a low hydrolytic action of the amylase. All varieties of the Arctic retain this peculiarity throughout the period of dormancy following the harvest.

It has already been mentioned by us that monosaccharides prevail in the total fraction of soluble carbohydrates. The variation of the ratio sucrose/monosaccharides, as well as the storage of soluble carbohydrates, are due to the hydrolytic activity of the invertase. In the tubers of potato the ratio of sucrose to monosaccharides is increased owing to the reduction of the invertase activity. Hence the content of sucrose, compared to that of monosaccharides, grows with the decrease in the hydrolytic activity of invertase, as determined in the autolytic mixture (Table 3).

Table 3

Sucrose/monosaccharides	Invertase	Average quantity of invertase
Up to 0.19	147—106—144—133—118	129.6
0.10 to 0.19	82—55—54—51—69—105	70
0.20 and higher	72—34—53—44—54	31.6

This relation is observed throughout the period of dormancy in nearly all varieties of potato cultivated in the Arctic (Table 4).

Table 4

Variety	District of cultivation	At the time of harvest		By the end of dormancy	
		sucrose/monosaccharides	invertase	sucrose/monosaccharides	invertase
Vermont	Chibiny	0.24	52	0.33	60
»	Kirovsk	—	—	0.04	147
Snejinka	Chibiny	0.04	249	0.31	72
Cobler	Murmansk	0.22	14	0.24	34
Umptek	Chibiny	0.21	5	0.20	53

An increase in the hydrolytic activity of the invertase always tends to change the relation between the sucrose and the monosaccharides.

The particulars in the biological rôle of invertase and amylase discussed here ([1],[2]) are reflected not only in the storage of starch, but also in all processes involved in the development of potatoes grown in the Arctic.

Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology.
Kola Base of the Academy of Sciences of the USSR.

Received
23. I. 1941.

REFERENCES

[1] A. Oparin, Erg. der Enzym., 3, 57 (1934). [2] А. И. Опарин, Биохимия, II, вып. 2 (1937).

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

AGROPHYSIOLOGY

WINTERNESS IN THE SECOND GENERATION OF WHEAT HYBRIDS

By M. I. SALTYKOVSKY and E. S. SAPRYGUINA

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 2.III.1941)

The length of the growing period is a very important matter in plant breeding ([1,2]). It also involves the study of the winter habit of growth and of its transmission by descent. This has been discussed by numerous investigators both from the genetical ([3-15]) and physiological angle ([16-24]). However, no exhaustive and accurate definition of the nature of winterness has been given until the creation by T. D. Lyssenko ([25]) of his theory of phase development and the subsequent work of his school ([26-28]).

Before the present authors the problem of winter habit inheritance arose while they were studying the winter hardiness of certain wheat hybrids. In summer 1936, they had planted the second generation of hybrids obtained by crossing one spring variety of wheat with several different winter varieties. Among these hybrids the number of winter forms varied according to the winter parent. This fact called for elucidation.

M e t h o d. In our experiments the F_1 plants were sown in spring to be tested for winterness. The F_2 progeny was planted in fall for studying cold resistance, and in spring, for studying winterness. When the inheritance of winterness was studied at the Bezenchuk breeding station in 1937, there were 33 combinations of F_2 hybrids. The parental pairs were selected for crossing [see our earlier paper ([29])] according to the length of their vernalization phase and their light phase. To put the development of the plants under different conditions of light and temperature, the material to be tested was planted at three different dates. The 1st time on April 15, the 2nd time on May 15, and the 3rd time on June 15. The hybrids of the second generation were planted in rows in the field, part of the grain (250 grains in each of the combinations) being completely vernalized, the rest unvernalized. The experiment was run in duplicate. On both sides of the hybrids the parental varieties were planted (125 grains on each side); the winter parents were vernalized, the spring ones were not. Vernalization had lasted 80 days at $0,+0.5^\circ$ C. The unvernalized seeds in our experiments were soaked before planting during 24 hours at the same temperature at which the vernalized plants had been soaked before vernalization.

The plants sown late were severely attacked by rust at the first period of growth and suffered from drought during the second period. Many of them, both the hybrids and the spring varieties, were dry before heading. Therefore it was not advisable to use the data obtained on this material for making any conclusions without repeating the test. The statements suggested in this

paper are based solely upon the material obtained from the first two plantings. In the spring the seedlings were counted. Heading was estimated every two days after the first plant had come into ear. The last estimation of heading and tillering plants was done August 29 in the case of first planting, and September 30, in the case of second planting. Among the tillering plants some had formed culm, though they had not come into ear. All those plants which had begun to develop their culm were counted separately; they are tabulated hereafter in the column titled «formed culm». Along with the ratios of winter forms and of culm formation, the dates of heading are given in the table for vernalized winter parents and for spring parents. When vernalization is broken, heading brings prominently out the length of the light phase of the parental varieties. The length of the vernalization phase of winter parents is given in the table in days of presowing vernalization. Our spring wheats had, all but No. 3439, a very short vernalization phase. In the table the data refer to 16 combinations only, but the rest showed a similar picture.

Winterness among F_2 Wheat Hybrids

Components	% of winter forms						Date of heading				Length of the vernalization phase of the winter parents in days
	Planting April 15			Planting May 15			Spring parent ♀		Winter parent ♂ after vernalization		
	Unvernalized		Vernalized	Unvernalized		Vernalized	Planted		Planted		
	Winter forms	Formed culm	Winter habit and culm formation	Winter forms	Formed culm	Winter habit and culm formation	April 15	May 15	April 15	May 15	
Prelude×534	0	0	0	2.0	2.0	0	9/VI	26/VI	17/VI	2/VII	40
274×534	0.5	1.0	0	8.6	1.4	0	22/VI	5/VII	17/VI	2/VII	40
3483×534	5.9	2.1	0	19.0	5.0	0	26/VI	9/VII	17/VI	2/VII	40
321×534	1.6	0.4	0	23.2	9.9	0	27/VI	11/VII	17/VI	2/VII	40
Prelude×Kooperatorka	2.0	1.5	0	3.0	0.8	0	9/VI	28/VI	24/VI	5/VII	45
841×Kooperatorka	3.5	0.5	0	9.0	1.0	0	13/VI	30/VI	24/VI	5/VII	45
274×Kooperatorka	4.0	0	0	9.0	7.2	0	22/VI	5/VII	24/VI	5/VII	45
321×Kooperatorka	14.2	4.6	0	28.1	3.6	0	27/VI	11/VII	24/VI	5/VII	45
3483×Kooperatorka	25.4	1.5	0	28.3	9.2	0	26/VI	9/VII	24/VI	5/VII	45
25183×BH4	2.5	1.5	0	1.0	3.0	0	11/VI	30/VI	28/VI	9/VII	60—65
Prelude×329	2.0	1.0	0	7.4	3.0	0	11/VI	28/VI	27/VI	10/VII	60—65
841×329	7.5	1.0	0	15.3	6.7	0	13/VI	30/VI	27/VI	10/VII	60—65
48/02×BH4	27.0	0	0	22.0	3.0	0	22/VI	2/VII	28/VI	9/VII	60—65
321×BH21	27.0	0.2	0	28.4	5.8	0	27/VI	12/VII	26/VI	11/VII	60—65
3439×Kooperatorka	57.7	11.1	0	100.0	0	0	23/VII	no earing	24/VI	5/VII	40
3483×3060/15	0	0	0	22.1	2.4	0	26/VI	9/VII	16/VI	30/VI	15

The conclusions to be drawn are as follows:

1. When a set of different spring forms, all having a short vernalization phase, but varying in the length of the phase, are crossed with a single winter variety, the segregation of winter forms in F_2 shows an unmistakable regu-

larity, being related to the length of the light phase of the spring parents. In this group of hybrids the number of winter forms is the higher, the longer the light phase of the spring parent. Let us exemplify this new and important conclusion by several widely different cases. The American spring wheat Prelude has a very short light phase. At the other end of the scale is the Finnish spring wheat 3483 whose light phase is very long. The hybrids from these wheats and the winter wheat Kooperatorka, when planted at the first date, gave the following percentage of winter forms: Prelude×Kooperatorka—2%; 3483×Kooperatorka—25.4%. When sown at the second date, they gave 3 and 28.3%, respectively. The Afghan wheat 25183 is very near to Prelude in phasic characteristics. The Saratov spring wheat 48/02 has a much longer light phase than has 25183. When planted early, the Afghan wheat formed ears June 11; under the same conditions the Saratov wheat formed ears June 22. In the second generation of hybrids obtained by crossing these wheats with a single winter variety raised at the Bezenchuk breeding station (BH4), the segregation of winter forms was in the case of early planting: 2.5% for 25183×BH4, while it was 27% for 48/02×BH4.

2. When one spring variety was crossed with a set of different winter varieties, the segregation of winter forms in F_2 was strongly dependent on the length of the developmental phases of the winter parents. The ratio of winter forms among the hybrids was the higher, the longer the two developmental phases of the winter parent. This may be exemplified by the following cases. Among the hybrids from 3483×534 planted at the first date the ratio of winter forms was 5.9, as against 25.4 in the combination 3483×Kooperatorka. The hybrids from 321×534 planted at the same date gave 1.6% of winter forms, those from 321×Kooperatorka gave 14.2%, and the hybrids from 321×BH21—27%. Among the hybrids planted at the second date the relations were similar, except for a higher ratio of winter plants.

3. Our experimental data have shown that the number of winter forms obtained in the second generation by crossing winter and spring varieties of wheat depends upon the length of the two developmental phases. This dependence is stronger when one winter variety is crossed with a series of spring varieties widely differing from one another in the length of the light phase, than when one spring variety is crossed with a series of winter varieties varying in the length of the vernalization phase. In the first case the ratio of winter forms obtained when the spring parent has a long light phase, is ten times as great as that obtained with a spring parent having a short light phase.

4. The least ratio of winter forms is observed with those combinations in which both parents have a short light phase. The highest ratio is observed when the spring parents have a long light phase and the winter parents have both phases long. Further work with F_3 and F_4 wheat hybrids has shown that the vernalization phase of segregated winter forms can be lengthened by crossing spring forms having long light phases with winter forms.

5. The ratio of winter forms segregated depends upon temperature conditions prevailing during the developmental period. Among the hybrids sown at late dates there are more plants that fail to form ears than among the early planted hybrids. This phenomenon is of great importance for breeding. It can be made use of in selecting homozygous early forms when selection is to be made once. For the present, repeated selection is necessary for obtaining stable early forms, because no methods are available which would permit to make a homozygous plant strongly differ from a heterozygous one in respect to earliness.

6. Now that winterness is known to depend upon the length of the two developmental phases, it is possible to predict the character of segregation for winterness in the hybrid progeny before crossing. This opens the possibility of breeding for winter or spring forms according to plan.

Agricultural Institute.
Dniepropetrovsk.

Received
3. III. 1941.

REFERENCES

[1] Л. Е. Ходьков, Яровизация, 6—15 (1937). [2] А. П. Басова, Ф. Х. Бахтеев, И. А. Костюченко и Е. Ф. Пальмова, Теорет. основы селекции растений, I (1935). [3] W. S. Spillman, U. S. Depar. Agr. Bur. Plant Indus., Bull. 165 (1909). [4] E. U. Tschermak, ZS. landw. Versuchsw. in Öster., IX Jahrgang (1906). [5] O. S. Aamodt, Jour. Agr. Resear., **24**, 6 (1923). [6] R. H. Biffen, Jour. Agr. Sci., **1** (1905). [7] Е. С. Кузнецова, Известия агроном. факульт. Сарат. университета (1921). [8] E. F. Gaines, Wash. Agr. Exp. Sta., Bull. 135 (1917). [9] E. F. Gaines and H. P. Singleton, Journ. Agr. Resear., **32**, 2 (1926). [10] H. K. Hayes and O. S. Aamodt, ibid., **35**, 3 (1927). [11] Nilsson-Ehle, IV Conférence internat. génét. (1911). [12] V. H. Florell, Jour. Agr. Resear., **29** (1924). [13] W. P. Thompson, Pran. Roy. Soc. Canada, 310, 12, 3 (1918); Agricult. Canada, 1,3 (1921). [14] H. Cooper, Jour. Amer. Soc. Agr., **15** (1923). [15] K. W. Neatby, Sci. Agr., **9** (1929). [16] G. Gassner, ZS. Bot., **10** (1918). [17] А. Д. Муринов, Моск. с.-х. ин-т, **9** (1914). [18] Любименко и Щеглова, Изв. бот. сада Акад. Наук СССР, **30**, 1—2 (1932). [19] W. W. Garner and H. A. Allard, Jour. Agr. Resear., **43**, 5 (1931); **23** (1923); **28** (1920). [20] Н. А. Максимов, Тр. приклад. ботан., ген. и сел., **14**, 5 (1925). [21] Н. А. Максимов, Тр. Всес. съезда по ген. сел., III (1929). [22] G. Klebs, Handwört. der Naturw., **4** (1913). [23] E. J. Kraus and H. R. Kraybill, Oregon Agr. Exp. Sta., Bull. 149 (1918). [24] D. T. Nightingale, Wisconsin Agr. Exp. Sta., Bull. 74 (1927). [25] Т. Д. Лысенко, Тр. Азербайд. центр. сел. ст., **3** (1928). [26] Д. А. Долгушин и Т. Д. Лысенко, Тр. Всес. съезда по ген. сел., III (1929). [27] Т. Д. Лысенко, Бюл. яровиз., 1, 2, 3, 4 (1932). [28] Т. Д. Лысенко, Теор. основы яровиз. (1936). [29] E. S. Sapryguina, C. R. Acad. Sci. URSS, XIV, No.7 (1937).

Translated by D. Rakhmanov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

HYDROBIOLOGIE

ZU DER FRAGE ÜBER DIE BIOLOGISCHE PRODUKTIVITÄT DER PALAEOBECKEN

Von N. K. DECKSBACH

(Vorgelegt von A. A. Grigoriev, Mitglied der Akademie, den 1.III.1941)

Um von der Produktivität einstmals existierender Wasserbecken, insbesondere der Wasserbecken verflossener geologischer Epochen sprechen zu können, muss man sich orientieren: 1) in einer Anzahl von Begriffen, 2) in einer Reihe von Fragen, die mit der Sedimentierung und Konservierung der Überreste am Grunde der Wasserbecken zusammenhängen.

Die biologische Produktivität eines Wasserbeckens ist seine Fähigkeit organische Substanz in Form lebender Organismen zu reproduzieren ([2],[5], [10],[12]). Dies ist ein sehr komplizierter und, was besonders zu betonen ist, ein Begriff quantitativer Ordnung, mit dem verschiedene andere Begriffe verknüpft sind, teils dynamische (Produktion, Ertrag), teils statistische (Biomasse, Titer) usw. Sogar für ein heutiges Wasserbecken, in dem alle möglichen Prozesse vor den Augen des Beobachters verlaufen, ist es keineswegs leicht dessen biologische Produktivität richtig auszudrücken. Es müssen die Lebenszyklen berücksichtigt werden, die Anzahl der Generationen einzelner Bionten, deren Biologie, Ökologie usw. Auf die biologische Produktivität wirkt eine Anzahl von Faktoren des äusseren Mediums ein, von denen wir nur folgende erwähnen: Nahrungsstoffe, Gaszustand des Wassers, Temperatur, Licht, Zirkulationssystem des Wassers, verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften von Wasser und Grund, Tiefe, biocoenetische Beziehungen usw.

Es ist verständlich, dass wir hinsichtlich der Wasserbecken verflossener Epochen darauf verzichten müssen, viele der obengenannten Momente klarzustellen, die von so wesentlicher Wichtigkeit sind, dass ohne ihre Kenntnis unsere Beurteilung der Produktivität derartiger Wasserbecken zweifellos unvollständig und unrichtig bleiben muss.

Wir wenden uns den Problemen der Sedimentierung und Konservierung der Überreste auf dem Boden der Wasserbecken zu, da sich nach den tierischen und pflanzlichen Resten in den Bodenablagerungen die Produktivität eines Palaeobeckens beurteilen lässt. Wir wollen eine Anzahl von Wasserbecken betrachten (Süsswasser- und Salzwasserbecken, heutige und frühere)—solche von zweijährigem Alter und solche aus der Tertiärperiode—und die in ihnen abgelagerten Reste.

Das junge Kljasmaer Wasserreservoir des Moskwa-Wolga-Kanals befindet sich in der Periode des Stellens, im zweiten Jahr seiner Existenz (1938); seine mittlere Tiefe beträgt 17—18 m. Parallel mit den Beobachtungen an

der Sedimentation überhaupt und an den tierischen und pflanzlichen Überresten in jungen, eben in Bildung begriffenen Schlammablagerungen, wurden Untersuchungen des Planktons und Benthos (3) vorgenommen. Während im Zooplankton in den Jahren 1937—1938 bis zu 90 Arten und Varietäten gefunden wurden (wobei 11 Arten eine quantitativ grosse Rolle spielten), wurden in den Schlammablagerungen Reste von nicht mehr als 18 Arten konstatiert, von denen ein Teil zur Kategorie der seltenen Funde gehörte. Von den Massenformen des Zooplanktons geben nur Bosminen (*Bosmina longirostris* und *Bosmina coregoni*) eine beträchtliche Menge von Resten am Grunde, die übrigen sind nur vereinzelt vertreten oder fehlen ganz.

In dem Kljasmaer Wasserreservoir fand im Sommer die Cyanophyceen-Blüte statt, im Herbst, gegen Ende des Winters und im Frühjahr die Diatomeen-Blüte. Die Überreste von Cyanophyceen (hauptsächlich *Microcystis aeruginosa*) waren in den Schlammablagerungen nur im August festzustellen. Im September und Oktober war ein grosser Teil von ihnen bereits völlig zersetzt, und einige Monate später hatten sich in den Ablagerungen überhaupt nur Diatomeen (hauptsächlich *Melosira italica*) erhalten. Es ist demnach sogar in der Bildungsperiode der Ablagerungen in einem ganz jungen Wasserbecken bereits eine manchmal grosse Differenz in qualitativer und quantitativer Beziehung zwischen den Bewohnern der Wassermasse und den tierischen und pflanzlichen Überresten in den Schlammablagerungen zu beobachten. Das Nannoplankton fehlt in letzteren natürlich vollständig.

Der Baikalsee ist der tiefste Binnensee der Erde (1741 m); er existiert seit der Tertiärperiode. Die Hauptrolle im Phytoplankton des offenen Teils dieses Wasserbeckens spielen derzeit einige wenige Diatomeenarten—*Melosira baicalensis* (Meyer) Wisl., die bis zu 300 m Tiefe vorkommt, und *Cyclotella baicalensis* Skwortz. In den Bodenablagerungen der abyssalen Region (nach Mikrophotographien, 650 und 826 m Tiefe) sind eben diese, von K. I. Meyer bestimmten Formen auch vertreten. Wir haben in diesem Fall ein Beispiel für ein sehr monotones Plankton (Vorherrschen von 1—2 Arten) und am Boden in den oberen Schichten gleichfalls sehr monotone Überreste (auch 1—2 Arten). Kann man, wenn man diesen Sonderfall im Auge hat, behaupten, dass sich nach den Überresten die Produktivität des Wasserbeckens (des heutigen Baikalsees) beurteilen lässt? Diese Frage muss negativ beantwortet werden, da verschiedene Momente ungeklärt bleiben; es ist zum Beispiel nicht bekannt, welcher Teil des Planktons (im gegebenen Fall des Phytoplanktons) anderen Organismen als Nahrung dient, und welcher zum Boden sinkt*. Ferner erreicht nicht alles das, was hinuntersinkt, den Grund, ein Teil davon löst sich auf. Es geben also nicht einmal ganz junge Ablagerungen die Möglichkeit, die Produktivität des Wasserbeckens auf Grund der Überreste am Boden zu beurteilen. Es sei hinzugefügt, dass sich unter den Resten bereits eine Anzahl von Fragmenten und fast formlosen Partikeln befinden. Die Menge derartigen Materials erhöht sich, und die Veränderungen werden eingreifender infolge der Prozesse der Diagenese; mit anderen Worten, mit dem Alterwerden verringert sich die Möglichkeit die Produktivität eines Wasserbeckens zu beurteilen.

Die Verhältnisse im Meer geben prinzipiell dasselbe Bild wie in Süsswasserbecken. Im Kaspischen Meer** lebt ein reiches Phytoplankton in den

* Überreste des Zooplanktons fehlen in den Bodenablagerungen des Baikals, obwohl seine Hauptformen—die Copepode *Epischura baicalensis*, bis 1200—1400 m Tiefe vorkommt, und die pelagische Amphipode *Macrohectopus* Branickii in mehr als 1000 m Tiefe sogar ein zweites Maximum ergibt.

** Unveröffentlichte Untersuchungen, die wir der Liebenswürdigkeit von P. I. Ussatschow verdanken.

oberen Schichten (0—100 m). Tiefer als 100 m sind nur die Reste einiger Diatomeen zu beobachten, die Hauptmasse des Phytoplanktons (Desmidiaceen, Grünalgen, Peridineen, Diatomeen, Cyanophyceen) löst sich auf oder dient anderen Organismen als Nahrung. Auf den Boden des Kaspischen Meeres gelangen nur *Coscinodiscus*, *Actinocyclus* Ehrenbergi und *Rhizosolenia calcar avis* (die Spitzen). Letztere sind nur in beschränkter Menge anzutreffen, während sie im Plankton massenhaft vorhanden sind.

Über die Produktivität des Sarmatischen Meeres (ein Wasserbecken aus der Tertiärzeit) hat vor nicht allzulangem B. M. Persitzki* berichtet. Er basierte ausschliesslich auf der Analyse von Diatomeen, die 80—100 km westlich von Krasnodar gesammelt wurden und zum Ober-Sarmat gerechnet werden. Als Ausgangspunkt nahm der Referent an: ein grosser Teil dessen, was sich innerhalb der photosynthetischen Zone des Sarmatischen Meeres befand, lagerte sich am Boden dieses Wasserbeckens ab und erhielt sich in Form von Überresten bis auf unsere Tage. Wenn auch manche Algen aufgelöst wurden und den Grund nicht erreichten, so wurde doch die Hauptmasse des Planktons, bestehend aus *Rhizosolenia calcar avis* (80—85% des Planktons), nicht aufgelöst (die Spitzen der Schalen wurden eigentlich nicht aufgelöst). Persitzki drückt die lebende Substanz von *Rhizosolenia* in Grammen auf 1 m² des Meeresbodens aus, ferner stellt er eine 6-jährige Entwicklungsperiode dieser Form fest und gibt eine entsprechende Kurve. Ausser für *Rhizosolenia* macht er Angaben über die Produktivität (besser gesagt, die Biomasse) von *Chaetoceras* (etwa 1 Milliarde auf 1 m²) und vergleicht schliesslich die Produktion (den Ertrag) des Sarmatischen Meeres mit jener von gewissen heutigen Landpflanzen und Assoziationen (in g/m²), usw.

Der Charakter des Sarmatischen Meeres im Westlichen Vorkaukasus, von wo das Diatomit Persitzkis stammte, ist nach Kolesnikov (⁶) folgender: während des ganzen Sarmatischen Zeitalters hatten die Seichtwasserfazien hier eine nur geringe Verbreitung, sie waren in einem Streifen längs der hügeligen und stellenweise steil abfallenden Kaukasusküste gelagert. Die Breite der Übergangsfazien war ebenfalls gering, was von einem starken Bodengefälle in diesem Teil des Sarmatischen Meeres zeugt. Über die rasch zunehmende Tiefe kann man auch nach der breiten Entwicklung der Tiefwasserfazien urteilen, die sich hier nicht weit von der Uferlinie ausbreiteten. Wenn das Material von Persitzki zu den Seichtwasserfazien des Sarmatischen Meeres gehört, so ist es, in Anbetracht des oben gesagten, wenig typisch für dieses Palaeobecken; entstammt es dagegen den Tiefwasserfazien, so ist eine umso grössere Menge von *Rhizosolenia* und sogar von den dicken Spitzen ihrer Schalen** aufgelöst worden***, gar nicht zu reden von den übrigen Algen (*Chaetoceras*, *Thalasiothrix* u. a.). Die im letzteren Fall erzielten Befunde entfernen uns noch mehr von einer richtigen Vorstellung der Produktivität des Palaeobeckens. Gerade das Vorhandensein von Kieselgur gestattet, nach G. Potonié (¹¹), den Schluss, dass die fossilen und subfossilen Diatomeenlager in nicht tiefen Gewässern entstanden, entsprechend den heutigen Bedingungen, wie wir dies beispielsweise in den Buchten (Häfen) des Baltischen Meeres beobachten können. Und die in nicht tiefem Wasser abgelagerten Diatomeen unterlagen unter andern verstärkten Veränderungen infolge der umgestaltenden Tätigkeit der Bodenfauna, insbesondere der Mollusken. Die Mollusken

---

* Vortrag in der Hydrobiologischen Sektion der Société des Naturalistes de Moscou, am 29. XII. 1940.

** Darüber, dass die Spitzen der Schalen von *Rhizosolenia* aufgelöst werden, vgl. oben (Angaben von P. I. Ussatschow).

*** Die längliche (fadenförmige) Körperform von *Rhizosolenia* dient selbst der horizontalen Haltung im Wasser, verhindert das Untersinken und fördert dadurch die Auflösung.

des Sarmatischen Meeres (6) waren bekanntlich äusserst verschiedenartig und in grosser Menge anzutreffen.

Da wir keine Anhaltspunkte dafür besitzen, welcher Teil des Planktons des Sarmatischen Meeres sals Nahrung diente*, und welcher Teil der Diatomeenpanzer der Auflösung (Korrodierungserscheinungen) unterlag, ehe der Boden erreicht war, sowie welcher Teil den Boden erreichte und erst dort Veränderungen unterworfen wurde, so muss auch die Grundvoraussetzung von Persitzki (vgl. oben) mit all ihren Schlussfolgerungen hinfällig werden. In noch höherem Grade als auf *Rhizosolenia* bezieht sich das obengesagte auf *Chaetoceras* und andere Algenarten.

Wir sind demnach beim jetzigen Stande der Wissenschaft nicht in der Lage, die Produktivität eines Palaeobeckens, insbesondere die des Sarmatischen Meeres, richtig zu beurteilen; dasselbe gilt auch für die Plankton-Produktion und für die Plankton-Biomasse dieses Beckens. Was lässt sich nun aber auf Grund von Persitzkis und ähnlichem Material sagen? Zweifellos ist dies Material von Wert und tauglich für die qualitative Charakteristik eines Palaeobeckens, für die Klärung der Gesamtvorstellung von einem solchen: des Salzgehalts von Salzwasser-, Brackwasser-, Süsswasserbecken; des Gashaushalts (reich oder arm an Kohlensänre); der Allgemeintrophie (eutrophes, dystrophes Wasserbecken); der Temperaturverhältnisse, der Tiefe, Beweglichkeit, Strömung des Wassers, usw.; denn gerade die Diatomeen repräsentieren eine ausserordentlich konservative Gruppe von Organismen, die sich sowohl ihrer Struktur als auch dem Bestand ihrer Assoziationen nach seit der Tertiärperiode (seit dem Pliocän) fast nicht verändert haben (8).

Die jetzigen Diatomiten aus den Wasserbecken der Kola-Halbinsel gestatten, nach den Befunden von A. A. Grigoriev u. a. (7), folgende Eigenschaften kontinentaler Wasserbecken zu beurteilen: 1) die physikalischen Eigenschaften des Wassers (grosse Durchsichtigkeit); 2) seine chemischen Eigenschaften (Vorhandensein freier Kohlensäure in agressivem Zustand, quantitativ ur beträchtlicher Gehalt an Kalziumverbindungen, reicher Gehalt an gelöster Kieselsäure und gelösten Phosphorverbindungen); 3) die Morphologie der Wasserbecken (Reichtum an geschlossenen Buchten, gegliederte Uferlinie, lange Landzungen usw.); 4) auf nur ganz annähernde Weise die Grösse der Produktion des Wasserbeckens (nach dem Phytoplankton und in manchen Fällen nach dem Zooplankton).

Hydrobiologisches Laboratorium.
Staatsuniversität Moskau.

Eingegangen
den 25. II. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] В. В. Богачев, Геолог. экскурсии в окрестностях Баку (1932). [2] В. А. Броцкая и Л. А. Зенкевич, Зоолог. журн., XV, 1 (1936). [3] Н. К. Дексбах, Бюлл. Моск. о-ва исп. природы, отд. биологии, 48, вып. 4 (1939). [4] В. И. Жадин, Тр. Зоол. ин-та, V, вып. 3—4 (1940). [5] Г. С. Карзинкин, Зоолог. журн., XV, 2 (1936). [6] В. П. Колесников, Палеонтология СССР, X, ч. 2 (1935). [7] Кольский диатомитовый сборник, Тр. Геоморфолог ин-та АН СССР, вып. 8 (1934). [8] G. Krasske, Arch. f. Hydrobiologie, XXIV (1932). [9] В. П. Маслов, Тр. Всес. н.-и. ин-та минер. сырья, 72 (1935). [10] С. Д. Муравейский, Зоолог. журн., XV, 4 (1936). [11] Г. Потонье, Сапропелиты (1920). [12] A. Thienemann, Arch. f. Hydrobiologie, XXII (1931).

Übersetzt von A. Bernfeld.

* Eine gewisse Vorstellung davon, dass das Phytoplankton des Sarmatischen Meeres anderen Organismen als Nahrung diente, geben jedenfalls folgende Befunde: von W. W. Bogatschew (1) wurde das Bild des biologischen Lebens in den Tiefseeteilen des Sarmatischen Meeres auf der Halbinsel Apscheron rekonstruiert, und er sagt direkt, dass in der Masse der Diatomeen zahlreiche Krebstiere und nach diesen Fischschwärme aufgetaucht sein müssten, von denen sehr reiche Überreste vorhanden sind. Diese Organismen brauchten zweifellos das Phytoplankton als Nahrung.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

IMMUNOLOGIE

DIE VERÄNDERUNG DES IMMUNZUSTANDES DES ORGANISMUS BEI DER METAMORPHOSE. DER EINFLUSS DER METAMORPHOSE AUF ZU VERSCHIEDENEN FRISTEN GEGEN *BACILLUS SEPTICAEMIAE RANARUM* IMMUNISIERTE AXOLOTL

Von R. I. BELKIN

(Vorgelegt von N. F. Gamaleja, Ehrenmitglied der Akademie, den 26. II. 1941)

In der vorangehenden Arbeit (1) berichteten wir, dass die Immunisierung von Axolotln mit einer abgetöteten Kultur von *Bacillus septicaemiae ranarum* (BSR) Immunität gegenüber einer nachfolgenden Infektion mit diesen Mikroben erzeugt. Werden aber die gegen BSR immunisierten Axolotl 10 Tage nach der dritten Immunisierung der Einwirkung eines metamorphogenen Faktors unterworfen, so bewirkt Infektion mit BSR zum Zeitpunkt des Abschlusses der Metamorphose und der Umwandlung der Axolotl in Amblystomen in 70% der Fälle Erkrankung und Tod an Septicaemie. Diese Tatsache gab uns den Grund zu behaupten, dass beim Axolotl die durch Vaccination erworbene Immunität gegenüber BSR durch die Metamorphose aufgehoben wird.

Als Antwort auf die Frage, auf welchen Ursachen der Verlust der Immunität nach künstlich bewirkter Metamorphose beruht, äusserten wir, auf Grund der Arbeiten von Krawtschenko, Galanowa, Samurija u. a. (2) über die Zellimmunität, folgende Vermutungen: a) Die Immunität des Axolotls gegen BSR ist eine Folge des Umbaus sämtlicher Zellsysteme des Organismus im Ergebnis der Vaccination mit dieser Mikrobe; b) die eingreifenden Veränderungen morphologischen und physiologischen Charakters, die im Prozess der Metamorphose erfolgen und sämtliche Organe und Gewebe des Axolotls berühren, rufen gleichfalls einen Umbau der Zellsysteme des Organismus hervor, infolge derer die im Larvenstadium erworbene Immunität im definitiven Stadium verlorengeht.

Diese Vermutungen bedürfen experimenteller Beweise. Um diese Beweise zu erhalten, führten wir eine neue Untersuchung durch, deren Aufgabe darin bestand, den *Moment des Immunitätsverlusts* infolge der durch die Metamorphose bewirkten Umbildungen festzustellen.

In der vorigen Untersuchung folgten die Vaccination der Axolotl mit einer abgetöteten BSR-Kultur und die Beeinflussung durch einen metamorphogenen Faktor in gewissen Zeitintervallen aufeinander, nämlich: zuerst dreimalige Immunisierung mit der abgetöteten BSR-Kultur in 10-tägigen Zwischenräumen, und 10 Tage nach der dritten Immunisierung Beginn der Thyreoidineinwirkung zur Hervorrufung von Metamorphose. Dementsprechend trat auch der Umbau der Zellsysteme des Organismus augenscheinlich

allmählich auf, zuerst zu Immunität (immunopositiv), und dann zu Immunitätsverlust (immunonegativ) führend.

In vorliegender Untersuchung beschlossen wir, die Methode der Einwirkung auf die Axolotl dahingehend zu variieren, dass die Umbildungen der Zellsysteme nicht allmählich aufeinander folgen, sondern gleichzeitig auftreten würden, oder dass sogar die Metamorphose die Immunisierung überholen würde (vgl. die weiter unten beschriebene Methode). Diese modifizierte Methode sollte eben der gestellten Aufgabe dienen: der Konstatierung des Moments, in dem die erworbene Immunität bei der Metamorphose aufgehoben wird.

A) Als Material für unsere Versuche dienten in unserem Laboratorium geborene Axolotl: 1) der schwarzen Rasse (Larven des mexikanischen Amblystoma) im Alter von 2.5 Monaten (erste Gruppe) und 2) der weissen Rasse im Alter von 18 Monaten (zweite Gruppe). Sämtliche Tiere, sowohl die Versuchs- wie die Kontrolltiere, waren von gleichem Alter und gleicher Grösse und wurden während der gesamten Versuchszeit unter denselben Bedingungen gehalten.

Als Mikrobe für die Immunisierung und nachfolgende Infizierung verwendeten wir *Bacillus septicaemiae ranarum*, der 1913 von Venulet und Padlevsky (3) während einer spontanen Epidemie von Septicaemie bei Fröschen ausgeschieden wurde. Alle uns zur Verfügung stehenden Angaben über diesen Mikroorganismus sind in der vorangehenden Mitteilung (1) dargelegt worden.

B) Methodik. Zur Immunisierung der Axolotl wurde eine 24-stündige Agarkultur von BSR abgewaschen, durch einstündige Erhitzung auf 60° C abgetötet und zur intraperitonealen Immunisierung in 10-tägigen Intervallen verwendet: 1) die schwarzen Axolotl erhielten je 0.25 cm³ BSR-Suspension injiziert, und zwar mit einem Gehalt an Mikrobenkörpern von 15 Millionen für die erste, von 30 Mill. für die zweite und von 60 Mill. für die dritte Immunisierung; 2) den weissen Axolotln wurden je 0.5 cm³ BSR-Suspension injiziert, und zwar mit einem Gehalt an Mikrobenkörpern von 60 Mill. für die erste, von 120 Mill. für die zweite und von 240 Mill. für die dritte Immunisierung.

Die Infizierung der Tiere erfolgte intraperitoneal mit einer 24-stündigen BSR-Agarkultur: 1) die schwarzen Axolotl erhielten je 0.4 cm³ BSR-Suspension mit einem Gehalt an Mikrobenkörpern von 800 Mill. (Standard 2 Mlrd.); 2) die weissen Axolotl erhielten je 0.8 cm³ BSR-Suspension mit einem Gehalt an Mikrobenkörpern von 3 Mlrd. 200 Mill. (Standard 4 Mlrd.).

Die Tiere wurden im Verlauf der nächsten 6 Tage nach der Infektion beobachtet. Alle verendeten Tiere wurden seziert und aus dem Blut des Herzens wurden Aussaaten auf Schrägagar gemacht. Die 6 Tage nach der Infektion am Leben gebliebenen Tiere wurden aus dem Versuch ausgeschieden und bei der Berechnung der Versuchsresultate nicht berücksichtigt.

Die Umwandlung der Axolotl in Amblystomen wurde erzielt durch Unterbringung der Tiere in einer Suspension aus Thyreoidin in Konzentration 1 : 5000 (wir verwendeten hierzu Thyreoidin aus der Moskauer Fabrik für endokrine Präparate, das hinsichtlich seiner Fähigkeit, Metamorphose hervorzurufen, beträchtlich schwächer ist als das Präparat, das wir in der vorigen Arbeit verwendeten). Die Thyreoidinsuspension wurde jeden dritten Tag erneuert. Als Futter erhielten die Tiere zweimal wöchentlich die Corethralarven.

A) Vorversuche. Zur Klarstellung der Pathogenität des zu unserer Verfügung stehenden BSR-Stammes für Axolotl infizierten wir die Tiere mit einer suspendierten Kultur dieser Mikrobe. Die schwarzen Axolotl erhielten intraperitoneal je 800 Mill., die weissen Axolotl je 3 Mlrd. 200 Mill. Mikro-

benkörper. Die Infektion bewirkte sowohl bei den schwarzen als auch bei den weissen Axolotln Tod an Septicaemie bei ungefähr 85% der Tiere am 4.—5.—6. Tag nach der Infektion; BSR liess sich aus dem Blut in Reinkultur aussäen und war in Ausstrichen aus den Organen festzustellen. Der Verlauf der Erkrankung und der lethale Exitus stimmten mit unseren Beobachtungen in der ersten Arbeit überein, nur mit dem Unterschied, dass der Tod um 2—3 Tage später eintrat. Wir konnten uns demnach überzeugen, dass der zu unserer Verfügung stehende BSR-Stamm für Axolotl pathogen ist.

B) Hauptversuche. Im ganzen wurden zwei Gruppen von Versuchen angestellt: an schwarzen und an weissen Axolotln; 80 schwarze und 80 weisse Axolotl wurden eingeteilt in 8 Serien zu je 20 Exemplaren:

I Serie—Beginn der Thyreoidinbehandlung 10 Tage vor der 1. Immunisierung
II » » » » gleichzeitig mit » 1. »
III » » » » » » » 2. »
IV » » » » » » » 3. »
V » » » » 10 Tage nach der 3. »
VI » Immunisiert, aber ohne Thyreoidinbehandlung
VII » Thyreoidinbehandlung, aber keine Immunisierung
VIII » Keine Immunisierung und keine Thyreoidinbehandlung

Die Metamorphose dauerte 21 bis 30 Tage. Die Axolotl der I Serie erhielten demnach die 3. Vaccination mit abgetöteter BSR-Kultur gleichzeitig mit Vollendung der Metamorphose, usw. Bei den Axolotln der V Serie begann die Einwirkung des metamorphogenen Faktors 10 Tage nach der 3. Immunisierung, d. h. ebenso wie in der vorangegangenen Arbeit. Zum Zeitpunkt der Vollendung der Metamorphose waren in den Serien I, V, VI, VII und VIII in jedem der Versuche je 6—7—8 Tiere am Leben geblieben, während zu diesem Zeitpunkt in den Serien II, III und IV nur je 2—3 Tiere am Leben geblieben waren (Erklärung vgl. unten in der Diskussion der Versuchsresultate).

Bei Abschluss der Metamorphose der Axolotl aus der V Serie (bei denen die Thyreoidineinwirkung später einsetzte, als bei den übrigen) und genau 60 Tage nach Beginn der Vaccination, wurden die Axolotl und Amblystomen intraperitoneal mit einer BSR-Kultur in den oben genannten Mengenverhältnissen infiziert. Die Resultate beider Versuchsgruppen sind in der Tabelle zusammengestellt.

Serie	Tiergruppe	Schwarze Axolotl			Weisse Axolotl			Insgesamt		
		Gesamtzahl	Zahl der verendeten	% der verendeten	Gesamtzahl	Zahl der verendeten	% der verendeten	Gesamtzahl	Zahl der verendeten	% der verendeten
I	Amblystomen mit Metamorphosebeginn vor Beginn der Immunisierung	8	1	12.5	7	1	14.2	15	2	13.3
V	Amblystomen, immunisiert vor Beginn der Metamorphose	6	4	66.6	8	6	75.0	14	10	71.3
VI	Axolotl, immunisiert	7	1	14.2	8	1	12.5	15	2	13.3
VII	Amblystomen, nicht immunisiert	6	5	83.3	7	6	85.7	13	11	84.6
VIII	Axolotl, nicht immunisiert	7	6	85.7	9	8	88.8	16	14	87.5

Aus diesen Versuchen konnten wir uns davon überzeugen, dass der uns zur Verfügung stehende BSR-Stamm unbedingt pathogen für nicht immunisierte Axolotl ist, die zu 87.5% verendeten (VIII Serie), ebenso für nicht

immunisierte Amblystomen, die nach der Infektion zu 84.6% verendeten (VII Serie). Immunisierte und der Metamorphose nicht ausgesetzte Axolotl erwarben infolge der Vaccination Immunität gegen BSR und wiesen nach Infektion einen Abgang von nur 13.3% auf (VI Serie). Die dreimalig immunisierten und 10 Tage nach der dritten Immunisierung der Metamorphose unterworfenen Axolotl starben nach der Infizierung mit BSR in beträchtlicher Menge, nämlich zu 71.3% (V Serie), was eine Bestätigung für unsere früheren Beobachtungen über den Verlust der erworbenen Immunität nach der Metamorphose bildet. Jene Tiere, bei denen die Metamorphose vor Beginn der Vaccination einsetzte und bei denen die dritte Vaccination mit dem Abschluss der Metamorphose zusammenfiel, blieben nach der Infektion mit BSR-Kultur in den weitaus meisten Fällen am Leben; der Prozentsatz der verendeten Tiere betrug nur 13.3% (I Serie), was für das Vorhandensein einer stabilen Immunität bei ihnen spricht. In den Serien II, III und IV blieben so wenig Tiere am Leben, dass weitere Beobachtungen an ihnen eingestellt und sie keiner Infektion unterzogen wurden.

Diskussion der erzielten Resultate. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen bestätigen unsere früheren Befunde über die Beobachtung, dass die von Axolotln erworbene Immunität gegen *Bacillus septicaemiae ranarum* bei ihrer Umwandlung in Amblystomen verlorengeht. Wie auch in der ersten Untersuchung, war der Immunitätsverlust dann zu beobachten, wenn die Metamorphose bei ihnen nach Abschluss der Immunisierung begann (V Serie).

Die vorliegende Arbeit zeigte, dass die Tiere Immunität gegen BSR erwerben und bewahren, wenn die Metamorphose vor Beginn der Immunisierung gegen BSR einsetzt und der Prozess der Metamorphose den Prozess der Immunisierung überholt. Der Immunzustand entsteht bei dem Tier infolge des Umbaus der Zellen seines Organismus unter dem Einfluss des Auftretens von Antigen. In der vorangehenden Untersuchung äusserten wir die Vermutung, dass der tiefgreifende Umbau der Zellsysteme des Axolotls, der bei der Metamorphose stattfindet, jenen Umbau beeinträchtigt, der als Resultat der Immunisierung auftritt, was eben den Immunitätsverlust bei dem auf den Stadien des Axolotls vaccinierten Tier nach sich zieht.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigen diese Vermutung. Es ist tatsächlich so, dass die Tiere Immunität erwerben und bewahren, wenn man die Immunisierung derart vorschiebt, dass sie wenigstens teilweise nach dem Zeitpunkt erfolgt, zu dem die bei der Metamorphose zu beobachtenden Umgestaltungen sich bereits vollzogen haben. So wurden die Tiere der I Serie zum erstenmal 10 Tage nach Beginn der Thyreoidinbehandlung immunisiert. Die zweite Immunisierung erfolgte, nachdem die Tiere bereits 20 Tage lang der Metamorphose unterlagen. Zum Zeitpunkt der dritten Immunisierung schliesslich war die Metamorphose schon abgeschlossen. Die mit der Metamorphose verknüpften Umgestaltungen standen demnach zum Zeitpunkt der zweiten Immunisierung vor ihrem Abschluss, und zum Zeitpunkt der dritten Immunisierung waren sie bereits vollständig abgeschlossen und konnten daher die von der Immunisierung bewirkten Umgestaltungen nicht stören. Wenn jedoch die mit der Metamorphose zusammenhängenden Umbildungen nach jenen Umbildungen erfolgen, die durch die Immunisierung hervorgerufen werden (V Serie), so beeinträchtigen sie den durch die Immunisierung bewirkten Umbau, und die von den Axolotln erworbene Immunität wird eingebüsst.

Die weitestgehende Übereinstimmung hinsichtlich der Gleichzeitigkeit der Prozesse von Metamorphose und Immunisierung ist bei unseren Versuchstieren in den Serien II, III und IV vorhanden. Und gerade in diesen Serien gingen die Tiere, trotz völlig gleicher Lebensbedingungen, im Lauf des

Versuchs allmählich zugrunde, und zum Zeitpunkt der Infizierung waren von ihnen so wenig übriggeblieben, dass die Beobachtungen an ihnen eingestellt wurden. Dieser hohe Prozentsatz an Mortalität in den Serien II, III und IV ist offenbar kein Zufall. Wir vermuten auch, dass grössere zeitliche Übereinstimmung der metamorphotischen und immunisatorischen Umgestaltungen der Zellsysteme im Organismus des Axolotls zu irgendwelchen, von uns bisher nicht näher untersuchten Dissoziationen führt, die das Tier lebensunfähig machen und seinen Tod herbeiführen.

Schlussfolgerungen. 1) Die von Axolotln erworbene Immunität gegenüber *Bacillus septicaemiae ranarum* infolge Immunisierung mit einer abgetöteten Kultur dieser Mikrobe geht während der Metamorphose verloren, falls letztere nach Abschluss der Immunisierung erfolgt. 2) Falls die Immunisierung der Axolotl gegen BSR wenigstens teilweise nach Abschluss der Metamorphose erfolgt, so erwerben und bewahren die Tiere Immunität gegenüber dieser Mikrobe. 3) Die Tiere, die gleichzeitig der Metamorphose und einer dreimaligen Immunisierung mit einer abgetöteten BSR-Kultur unterzogen werden, gehen gewöhnlich zugrunde.

Zentralinstitut für Epidemiologie und Mikrobiologie.
Moskau.

Eingegangen
den 27. II. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] R. I. Belkin und K. A. Friede, C. R. Acad. Sci. URSS, XXX, No. 6 (1941). [2] А. Т. Кравченко, Усп. совр. биол., XIV, No. 2 (1941). [3] Венулет и Падлевский, Харьк. медиц. журн. (1913).

Übersetzt von A. Bernfeld.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

HELMINTHOLOGY

INVESTIGATION OF THE CYCLE OF DEVELOPMENT OF THE TREMATODE *STICHORCHIS SUBTRIQUETRUS* RUD., PARASITIC IN BEAVERS

By I. W. ORLOFF

(Communicated by K. I. Skrjabin, Member of the Academy, 12.II.1941)

The 209-th all-union helminthological expedition in my charge was sent in 1940 to the Voronezh beaver preserve, where the better half of the entire beaver stock of the USSR are known to live. The said expedition revealed the fact that 96.7% of beavers kept on a farm and 80% of beavers found in places of natural habitation of the preserve were infested with helminths. The loss of the lot of beavers which perished during summer was due to helminthic invasions; these were represented by ascardosis, capillariosis of the liver, psilotrematosis—an invasion new to beavers, and, finally, stichorchosis. The latter called forth the majority of loss (31%) among the beavers inhabiting the preserve. Stichorchosis is caused by a large trematode—*Stichorchis subtriquetrus* (Rud., 1819) of the *Paramphistomatidae* family (Fischoeder, 1901). The said trematode is found in the large intestine and less frequently in the small intestine. It is spread in Europe (Germany, Norway, France, Italy, USSR), Asia (USSR) and North America (Canada, USA).

Biology. Until recently the biology of *S. subtriquetrus* remained obscure. It was first investigated in 1939 by Americans Bennet and Humes, who, though unable to follow the entire cycle of development, gave first thorough description of the miracidium, daughter and mother redia, and stated the fact of direct development of the redia within the miracidia which hatched from the eggs after 24 days (3.5 weeks), while the mother redia were formed in molluscs *Fossaria parva* after 21—27 days.

Our investigation of the biology of this parasite under the conditions of the Voronezh beaver preserve filled the gap which existed in the cycle of development of *S. subtriquetrus*; the intermediate host was found to be a sweet water mollusc *Planorbis vortex*; our data go to confirm those of Bennet and Humes concerning the period of development of the miracidium in the egg, as well as the fact that the miracidium contained redia, which explains the lack of the sporocyst stage in the case of the trematode in question. Besides, the examination of about 2500 various molluscs collected in natural resorts of beavers showed that the larvae of the parasite in question develop not only in *P. vortex*, but may be found in *Limnea ovata* as well. Considerably less frequently cercaria and redia of this trematode infested *Bithyma tentaculata*; they were found but once (out of 3) in *Succinea putris*.

The development of the parasite was followed experimentally only in *P. vortex*. In order to find out the time necessary for the ripening of the miracidia, we collected eggs of *S. subtriquetrus* from the faeces of beavers suffering from stichorchosis, and placed them into Petri and Koch dishes where they were incubated in river and tap water at 20—24° C and 15—20 °C, respectively. The observations were made from July until the 15th of January. It was found that at 20—24° C miracidia containing redia hatch from the eggs within 21—27 days. Maximum hatching of miracidia was observed on the 24—25th day. The eggs kept during November in the river wrapped up in silk bags and ultimately transferred to 15—20° C released miracidia within 45 days. The longevity of the miracidia hatched from the eggs and kept in water does not exceed 14 hours. The miracidium is 0.170—0.180 mm long and 0.060—0.072 mm wide. It was observed under the control of the eye that the miracidia actively penetrated into the body of *P. vortex* free from natural invasion, wherein they released redia. The redia were 0.095—0.12 mm long and 0.045—0.053 mm wide. The redia confined within the body of the miracidium were mobile. They migrated actively from the pedicle of the mollusc into its liver reaching the latter by the end of 24 hours. The redia found in the liver of the mollusc grow rather fast. Daughter redia were first seen in mother rediae on the 9th day after infection of *P. vortex*. Thereafter they were found up to the 21st day. Daughter redia were present only in the molluscs kept in Petri dishes at about 15° C. In the case of higher temperatures cercaria developed within the redia on the 22—23th day. By this time the redia was 0.740—1.368 mm long. The cercaria confined within the redia were yet immature. The cercaria became mobile on the 35th day after the molluscs had been infected. Having reached maturity, the cercaria left the body of the redia and actively bored their way out of the body of the mollusc. On the 45th day the cercaria could be already detected in water, i. e. they left the body of the molluscs for good. The cercaria possessed an almost cylindrical body 0.287 mm long and 0.225 mm wide. Suckers and «eyes» are quite distinguishable on the body of the cercarium. The «eyes» are represented by a skein of small vessels filled with secret containing a large number of minute dark-brown pigment granules. The «eyes» and deferent vessels represent the cystogenic system of the cercarium. The cercarium possesses a long (0.853 mm) tail which is 0.080 mm wide. The excretory vessel follows the length of the tail; it enters the body and diverges into two trunes which are on the dorsal side (relative to the intestine), entirely screening the intestine, so that the latter is badly seen in preparations. The diameter of the mouth sucker of the cercarium is equal to 0.051 mm. The abdominal sucker 0.089 mm wide is found in the posterior part of the body.

The cercaria liberated from the body of *P. vortex* are most active. Their longevity in water reaches 18 hours. By the end of this period or sometimes earlier the cercaria lose their tail, begin to encyst and transform into adolescaria. The process of encystation takes on the following course: the cercarium having found a suitable object begins to contract its body, systematically secreting cystogenic fluid, as it smears the latter under itself. Besides the fluid, the cercarium casts off superficial cells which at first contain nuclei disappearing in due time. The cystogenic fluid glues together the cells just mentioned, which leads to the formation of a stratified capsule 0.02—0.025 mm thick embracing the cercarium. The diameter of the adolescarium (without the cyst) reaches 0.225 mm. Suckers and large black «eyes» are clearly visible on the body of the adolescarium. At a temperature up to 20° C the adolescaria confined within the cyst are immobile. When the temperature attains to 30° C, the adolescaria become actively mobile. The encystment of the adolescaria occurs both on the surface of the water and on the walls of

the vessel where they are being kept. The mean period of development of *S. subtriquetrus*, both in the surrounding medium and within the body of the intermediate host, at 20—24° C, may be determined from the following data: the miracidia ripens within 3—4 weeks, this period attaining 6 weeks if the temperature drops; the daughter redia become mature 12—21 days after the invasion of the mollusc with miracidia; the cercaria are formed in the body of the redia 28 days after the differentiation of mother redia; the migration of the cercarium from the body of the mollusc requires about 7 days. The cercarium liberated into the water becomes transformed into an adolescarium within the first 24 hours.

Thus, the development of *S. subtriquetrus* under optimal conditions from egg to adolescarium requires 10—12 weeks or 2.5—3 months. When the temperature decreases, the period of development takes more than 3 months.

The facts obtained as a result of a study of the biological cycle of *S. subtriquetrum* enabled us to work out practical prophylactic measures intended to preserve beavers from the stichorchosis plague. At present the said measures are set into practice by the Voronezh beaver preserve.

Department of Parasitology.
Veterinary Institute.
Voronezh.

Received
12. II. 1941.

REFERENCES

[1] Bennet and Humes, Jrnl. of Parasitology, 25, No. 3, 223 (1939).
[2] Travassos, Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, 29, Fasc. 1 (1934).

Translated by M. Peshkov.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1941. Volume XXXI, № 6

ENDOKRINOLOGIE

DIE HOLOKRINE SEKRETION IN DER NEBENNIERENRINDE

Von L. WOLFENSOHN

(Vorgelegt von I. I. Schmalhausen, Mitglied der Akademie, den 10. III. 1941)

Es kann nach der Arbeit von Benett als festgestellt gelten, dass die Spongiozyten des äusseren Teiles der *zona fasciculata*, d. h. die an Lipoiden reichsten Zellelemente, die sekretierenden Zellen der Nebennierenrinde darstellen. Jedoch bleibt auch heutzutage die Frage offen, auf welchem Wege die aktiven Substanzen der Rinde in die Blutbahn gelangen. Die Literaturangaben sind in dieser Hinsicht sehr spärlich. Die einen Autoren ([4]) betrachten die Nebenniere als mero-holokrine Drüse, die anderen ([1]) behaupten, die Nebenniere sei eine holokrine Drüse, die ein System aus Röhren zur Abfuhr des Sekrets und der abgenutzten und zerstörten Zellen der Rinde besitzt. Die holokrine Sekretion wurde besonders in den Nebennieren von Infektionskranken beobachtet.

In dieser Arbeit versuchten wir der Lösung der Frage über den Charakter des Sekretionsprozesses in den Zellen der Nebennierenrinde näherzukommen; zu diesem Zwecke war es notwendig auf experimentellem Wege eine Hyperfunktion der Rinde zu erzeugen, denn wir glaubten die Sekretionsprozesse deutlicher und krasser bei erhöhter Aktivität verfolgen zu können. Wir wählten als Experiment die kompensatorische Hypertrophie, denn dies ist diejenige Form der Hypertrophie, die zweifellos mit der erhöhten Aktivität der *in situ* gebliebenen Drüse verbunden ist.

Das Hormon der Nebennierenrinde wird, wie bekannt, aus der lipoiden Fraktion hergestellt und ist lipoider Natur; infolgedessen kann die Verteilung der Lipoide in den Zellen der verschiedenen Zonen der Rinde in gewissem Masse als Kriterium dienen, um über die Verteilung der aktiven Substanzen in der Rinde zu urteilen. Aus diesem Grunde betrachteten wir es als notwendig, sobald wir die Ausfuhrwege des Sekrets untersuchen, besonders aufmerksam diejenigen Veränderungen zu studieren, die in den Zellen im Zusammenhange mit der Anhäufung und der Ausfuhr der Lipoide stehen.

Als Versuchstier dienten weisse Ratten von 90—120 g, denen die rechte Nebenniere entfernt wurde. Die Tiere wurden nach 1, 3, 5, 10 Tagen und 2 Monaten getötet. Die linken hypertrophierten und die rechten bei der Operation entfernten normalen Drüsen wurden auf der Torsionswage gewogen und zwecks histologischer Untersuchungen in der Ciaccio-Lösung und in 10% Formalin fixiert. Nach der Formalinfixation wurden Gefrierschnitte hergestellt, die mit Sudan III und Scharlachrot gefärbt wurden. Nach der Fixation in der Ciaccio-Lösung wurden die Nebennieren in Paraffin eingebettet; die Serienschnitte wurden mit Hämalaun und Sudan III gefärbt.

Zuerst werden wir unsere Beobachtungen betreffs der Lipoide in der Rinde der rechten Kontrollnebenniere schildern. Das allgemeine Bild der Verteilung der sudanophilen Lipoide in der Rinde wurde mehrmals in der Literatur dargestellt ([2], [5], [6] u. and.). Wir werden deshalb bloss darauf hinweisen, dass der äussere Teil der *zona fasciculata*, d. h. diejenige Zone, die Benett wegen der Lokalisation der aktiven Substanzen in derselben die Sekretionszone nannte, den grössten Lipoidgehalt besitzt. Wir konnten nach der Fixation in der Ciaccio-Lösung mit nachfolgender Sudanfärbung eine Reihe von Übergangsformen in der *z. fasciculata* feststellen, von grossen, keine Lipoide enthaltenden Zellen bis kleine Zellen, die mit Lipoidtropfen gefüllt sind. Auf der Abb. 1 (*A*) ist eine grosse Zelle mit rundem Kern und homogenem Plasma dargestellt. Am Rande der Zelle ist eine Anhäufung

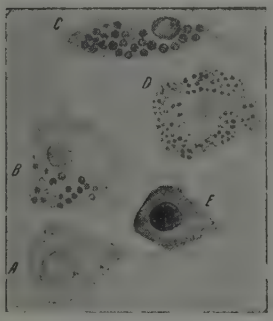


Abb. 1.

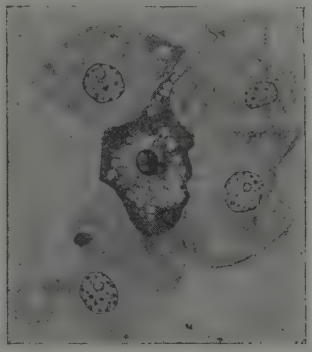


Abb. 2.

hellgelber Tropfen zu sehen. In der Zelle *B* derselben Abbildung befindet sich bereits eine viel grössere Anzahl der Lipoidtropfen. Die Zelle *C* ist eine typische Zelle, die am häufigsten in der *z. fasciculata* beobachtet wird. Alle Lipoidtropfen sind von gleicher Grösse und füllen gleichmässig das Plasma aus. Die Zelle *D* ist der Zelle *C* ähnlich mit dem Unterschied bloss, dass die Lipoidtropfen bedeutend kleiner sind. Die Kerne der Zelltypen *C* und *D* sind nicht von den Kernen der Zelltype *A* und *B* zu unterscheiden; jedoch besitzen diese Zellen etwas kleinere und dunklere Kerne. Die letzte Zelle der Abb. 1 (*E*) ist kleiner, als die vorherigen und enthält so viel Lipoidtropfen, dass sie zu einer homogenen Masse zusammenfliessen; dadurch erhält die Zelle eine krasse orangegelbe Färbung. In manchen Fällen haben diese Zellen Fortsätze, die zwischen die benachbarten Zellen vordringen. Die Kerne dieser Zellen sind klein und pyknotisch.

Wir konnten also die allmähliche Verkleinerung der Zellen und Pyknose ihrer Kerne feststellen. Die Anhäufung der Lipoide geht Hand in Hand mit der allmählich fortschreitenden Degeneration der Zellen.

Wenden wir uns nun der Schilderung der Resultate zu, die wir durch das Studium der linken kompensatorisch-hypertrophierten Drüsen erzielten.

Die Gewichte der hypertrophierten Nebennieren in verschiedenen Zeitabschnitten nach der Operation zeigten uns, dass die kompensatorische Hypertrophie sehr rasch einsetzt und das Maximum (57%) bereits 1 Tag nach der Operation erreicht; nachher geht sie zurück. Der 1. Tag ist für uns von grösstem Interesse, denn zu dieser Zeit findet, angeblich, die stärkste Hyperfunktion der Rinde statt. Wir gehen also zur Schilderung unserer Beobachtungen, die wir am nächsten Tage nach der Operation machten, über.

Wir konnten in den Präparaten, die mit Formalin fixiert und nachher mit Sudan III oder Scharlachrot gefärbt wurden, sehen, dass der Lipoidgehalt in der *z. fasciculata* bedeutend geringer war, als in der normalen Drüse. Die meissten Zellen der *z. fasciculata* enthielten gar keine Lipoide oder nur sehr wenig. Die Anzahl der kleinen, mit Lipoidtropfen ausgefüllten degenerierenden Zellen war bedeutend grösser, als in der Norm. Besonders viel Zellen dieser Art waren im äusseren Teile der *z. fasciculata* vorhanden. Sie liegen hier einzeln oder in Gruppen zwischen den nur wenige Lipoide enthaltenden Nachbarzellen.

Es ist uns gelungen nach der Fixation in der Ciaccio-Flüssigkeit und nachfolgender Sudanfärbung in der Rinde der kompensatorisch-hypertrophierten Drüsen folgende interessante Erscheinung zu beobachten, die uns veranlasste gewissermassen über den Charakter der Sekretion in der Rinde zu urteilen. Auch hier enthielten die meisten Zellen der *z. fasciculata* keine Lipoide. Unter den übrigen Zellen konnte man alle Übergänge von lipoidreichen Zellen mit grossem normalem Kerne bis Zellen mit ausgesprochen pyknotischem Kerne beobachten. In manchen Zellen verschwand der Kern und es blieb bloss an Stelle der Zelle eine lipoide Masse mit einigen hellen Vakuolen übrig. Diese Zellen besitzen teilweise, wie wir bereits oben zeigten, protoplasmatische Ausläufer, die zwischen den benachbarten Zellen liegen. Das genaue Studium dieser Präparate zeigte, dass diese Fortsätze an manchen Stellen unmittelbar mit den Kapillaren zusammenhängen. Die Lipoide füllen dabei die protoplasmatischen Fortsätze und die anschliessenden Blutgefässe aus. Auf der Abb. 2 ist so eine Zelle und ein anliegendes Gefäss mit Lipoideinschlüssen dargestellt. Auf der Abb. 3 sehen wir bereits ein weiteres Stadium desselben Prozesses. Zwischen grossen, fast lipoidfreien Zellen des Parenchyms liegen zwei erweiterte Kapillare, die mit Lipoiden ausgefüllt sind. Es sind Reste von Kernen, die an Stelle degenerierter Zellen übrigblieben, in diesen erweiterten Räumen zu sehen. Wir konnten also deutlich den Prozess des Zerfalls der lipoidreichen degenerierenden Zellen mit Ausschwemmung der lipoiden Substanzen in die Blutbahn verfolgen.

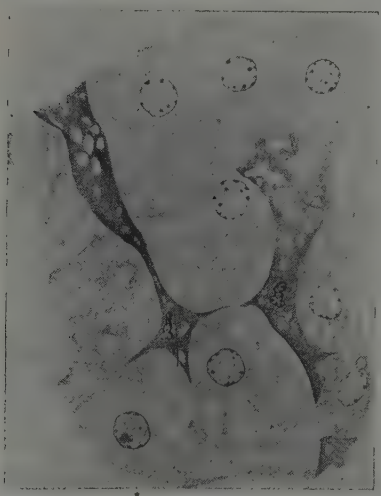


Abb. 3.

Auf Grund unserer Resultate stellten wir also fest, dass bei starker Hyperfunktion im äusseren Teile der *z. fasciculata* eine typische holokrine Sekretion stattfindet.

Wir wollen nicht behaupten, dass die holokrine Sekretion auch in der normalen Rinde möglich ist; jedenfalls konnten wir sie nicht in der Norm beobachten. Wir wissen jedoch, dass die normale Rinde eine grosse Anzahl degenerierender Zellen enthält; wir konnten öfters die allmähliche Bildung dieser absterbenden Formen verfolgen. Wir zeigten ebenfalls, dass das Absterben der Zellen gemäss der Anhäufung der Lipoide vor sich geht. Wir kommen deshalb zur Schlussfolgerung, dass das Auftreten von degenerativen Zellformen den Ausdruck holokriner Sekretion darstellt.

Es ist bekannt, dass in der normalen Rinde die degenerativen Elemente

im innersten Teile der *z. fasciculata* und in der *z. reticularis* überwiegen. In unserem Experimente beobachten wir den Zerfall der Zellen mit Ausschwemmung der lipoiden Substanzen in die Blutbahn im äusseren Teile der *z. fasciculata* (Sekretionszone von Benett).

Es liegt der Gedanke nahe, dass die starke Hypertrophie in unserem Experimente dazu geführt hat, dass diese Prozesse in dieser Zone, und nicht in den tieferen Zonen der Rinde vor sich gingen.

Institut für experimentelle Endokrinologie.
Morphologisches Laboratorium.
Moskau.

Eingegangen
den 10. III. 1941.

ZITIERTE LITERATUR

[1] Lucadou, Beitr. z. path. Anat. und allg. Path., **101**, 197 (1938). [2] Jackson, Amer. Journ. of Anat., **25**, No. 3, 221 (1919). [3] H. Stanley Benett, ibid, **67**, No. 2 (1940). [4] Kolmer, Archiv f. mikr. Anat., **91**, II Abt. (1918). [5] Hoerr, Anat. Record, **66**, No. 1 (1936). [6] Whitehead, Journ. of Anatomy, **69**, 72 (1934).

(Continuation)

GÉNÉTIQUE

A. R. Zhebrak, Member of the Academy of the White Russian SSR **(А. Р. Жебрак).** Colchicine Induced Amphidiploids of *Triticum turgidum* × *Triticum Timopheevi* 617

V. V. Sacharov and **K. V. Magrzhikovskaya (В. В. Сахаров и К. В. Магржиковская).** Effect of Inbreeding upon the Rate of Mutation 620

CYTOLOGIE

V. V. Khvostova and **S. J. Goldat (В. В. Хвостова и С. Ю. Гольдат).** Colchicine Induced Tetraploids in Chrysanthemum 623

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

S. A. Kasparova and **I. V. Glazunov (С. А. Каспарова и И. В. Глазунов).** Carbohydrate Complex in the Potato Grown in Arctic Regions 625

AGROPHYSIOLOGIE

M. I. Saltykovsky and **E. S. Sapryguina (М. И. Салтыковский и Е. С. Сапрыгина).** Winterness in the Second Generation of Wheat Hybrids 628

HYDROBIOLOGIE

N. K. Decksbach (Н. К. Декебах). Zu der Frage über die biologische Produktivität der Palaeobecken 632

IMMUNOLOGIE

R. I. Belkin (Р. И. Белкин). Die Veränderung des Immunzustandes des Organismus bei der Metamorphose. Der Einfluss der Metamorphose auf zu verschiedenen Fristen gegen *Bacillus septicaemiae ranarum* immunisierte Axolotl 636

HELMINTHOLOGIE

I. W. Orloff (И. В. Орлов). Investigation of the Cycle of Development of the Trematode *Stichorchis subtriquetrus* Rud., Parasitic in Beavers 641

ENDOCRINOLOGIE

L. Wolfensohn (Л. Вольфензон). Die holokrine Sekretion in der Nebennierenrinde 644

Édition de l'Académie des Sciences de l'URSS

Moscou 1941

Orders to be placed with:
Les commandes sont à adresser à:
Bestellungen sind zu richten an:

MEZHDUNARODNAJA KNIGA

Moscow, Kuznetski Most, 18.

Remittances to be effected to the State Bank of the USSR (UNIO)
Moscow, Neglinnaja, 12.

USA — Four Continent Book Corporation, 255 Fifth Avenue, New York, N. Y.

BELGIQUE — «OBLA», 6/8/10, rue Duquesnoy, Bruxelles.

BULGARIA — T. F. TSCHIPEFF, Boulevard Dondukoff 20/22, Sofia.

CHINA — Fleet's Book Store, 798 Avenue Joffre, Shanghai.

CHILE — Libraria Ibero-Americana de Publicaciones, Moneda 702, Casilla 13201, Santiago.

COLOMBIA — Distribuidora Nacional de Publicaciones Manuel Abondano H. Apartado Nacional 27—29, Bogota.

DANMARK — S. U. V.'s Boghandel, Frederiksborggade, 42, København.

DEUTSCHLAND — KOEHLER & VOLCKMAR, Russland-Abteilung, Leipzig C. 1. Postfach 173.

GREAT BRITAIN — Collet's Bookshop, Ltd., 66 Charing Cross Road, London, W. C. 2.

JUGOSLAVIJA — GECA KON A. G. Postfach 103, Beograd.
— «Slavija» Alex. I. Ivanoff, Krunska, 25, Beograd.

MAGYARORSZAG — Grill'sche Buchhandlung, Dorottya ut. 2, Budapest.

MEXICO — Editorial Popular, Apartado 2352, Mexico D. F.

NEW ZEALAND — Modern Books, 12 Woodward Street, Wellington C 1.

NORGE — JOHAN GRUNDT TANUM, Karl Johans gt. 43, Oslo.
— A/S Narvesens Kioskompani, Postbox 125, Oslo.

PALESTINE — S. ISERSKY, Grusenberg Street 24, Tel-Aviv, P. O. B. 656.
— «MASSADAH», Ltd., Herzl Street, 2, Tel-Aviv.

ROMANIA — «LOUVRE», strada Bibescu Voda 2, Bucureşti.

SUOMI — Akateeminen Kirjakauppa, Helsinki.
— Rautatiekirjakauppa Oy, Köydenpunojankatu 2, Helsinki.

SVERIGE — WENNERGREN-WILLIAMS A. B., Box 657, Stockholm.
— C. E. FRITZE's Kgl. Hofbuchhandlung. Fredsgatan 2, Stockholm.

TÜRKIA — LIBRAIRIE HACHETTE, 469, Avenue de l'Indépendance, Boîte postale Péra 2219. Istanbul.

URUGUAY — Distribudora de Publicaciones, Calle Eduardo Acevedo, 1450, Montevideo.

PUBLISHING HOUSE OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

JOURNAL OF PHYSICS

Edited by S. I. WAWILOW, Member of the Academy of Sciences.
Editorial Secretary: Prof. S. M. RYTOV, D. Sc.

Journal of Physics deals with problems of theoretical and applied physics.

Journal of Physics is published in English, French and German.

Journal of Physics appears monthly; it is issued in two volumes per annum, 6 numbers per volume.

Subscription price: U. S. $ 8.00 per annum. $ 1.00 single copy.

Orders to be placed with:

SSSR—«Mezhdunarodnaja Kniga», 18 Kuznetski Most, Moskva.
USA—Four Continent Book Corporation, 255 Fifth Avenue New York, N. Y.
BELGIQUE—«Obla», 6/8/10, rue Duquesnoy, Bruxelles.
BULGARIA—«Ruska Kniga», ul. kn. Boris, 2, Sofia. T. F. Tschipeff, Boulevard Dondukoff, 20/22, Sofia.
CHINA—Fleet's Book Store, 798 Avenue Joffre, Shanghai.
DANMARK—S.U.V's Boghandel. Frederiksborggade, 42—1, København.
DEUTSCHLAND—Koehler & Volckmar A.-G. & Co., Russland-Abteilung, Leipzig C. 1. Postfach 173.
GREAT BRITAIN—Collet's Bookshop, Ltd., 66 Charing Cross Road, London, W. C. 2.
JUGOSLAVIJA—Geca Kon A.-G. Postfach 103, Beograd.
MAGYARORSZAG—Grill'sche Buchhandlung, Dorottya ut. 2, Budapest.
NEW ZEALAND—Progressive Books, Ltd., 18 Darby Street, Auckland C. 1.
NEW ZEALAND—Modern Books, 12 Woodward Street, Wellington C. 1.
NORGE—Johan Grundt Tanum, Karl Johans gt., 43. Oslo.
ROMANIA—«Louvre», Strada Bibescu Voda, 2, Bucureşti.
SCHWEIZ—Buchhandlung Stauffacher, Lutherstrasse 6, Zürich.
SOUTH AFRICA—People's Bookshop (Pty.), Ltd. Trades Hall, Kerk Street, Johannesburg.
SUOMI—Akateeminen Kirjakauppa, Helsinki.
—Rautatiekirjakauppa O. Y., Köydenpunojankatu 2, Helsinki.
SVERIGE—Wennergren-Williams A.-B. Box 657, Stockholm.
—C. E. Fritze's Kgl. Hofbuchhandlung, Fredsgatan 2, Stockholm.
TÜRKIA—Librairie Hachette, 469 Avenue de l'Indépendance, Boite postale Péra 2219, Istanbul.
PALESTINE—S. Isersky, Grusenberg Street 24, Tel-Aviv. P. O. B. 658.
—«Massadah», Herzl Street, 2, Tel-Aviv.

EDITORIAL OFFICE: Moscow, 47, 3rd Miusskaya Ulitsa, No. 8, Physical Institute of the Academy of Sciences of the USSR.